



TUGAS AKHIR - MO 141326

**STUDI EKSPERIMEN *RUN-UP* GELOMBANG PADA  
*ARMOR SEAWALL* UNIT BATU PECAH**

ALI SYAFRUDIN

NRP. 4313100001

Dosen Pembimbing :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017



FINAL PROJECT- MO 141326

## EXPERIMENTAL STUDY OF WAVE RUN-UP ON RUBBLE MOUND ARMORED SEAWALL

ALI SYAFRUDIN  
NRP. 4313100001

Supervisors :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Sujantoko, S.T., M.T.

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017

**Studi Eksperimen *Run-up* Gelombang pada *Armor Seawall* Unit  
Batu Pecah**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

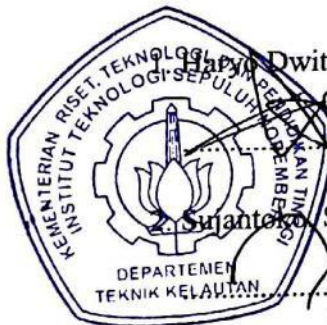
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

**Ali Syafrudin**

**NRP. 4313 100 049**

Disetujui oleh :



1.  Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. (Pembimbing 1)

2.  Surantoko, S.T., M.T. (Pembimbing 2)

3. Dr.Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc. (Penguji 1)

4. Drs. Mahmud Mustafin, M.Sc., Ph.D. (Penguji 2)

5. Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

# **STUDI EKSPERIMEN *RUN-UP* GELOMBANG PADA *ARMOR* *SEAWALL* UNIT BATU PECAH**

**Nama Mahasiswa** : Ali Syafrudin  
**NRP** : 4313100049  
**Departemen** : Teknik Kelautan, FTK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.  
2. Sujantoko, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Pengetahuan mengenai *run-up* gelombang penting untuk menentukan desain puncak struktur *seawall* yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kondisi gelombang dan kemiringan *armor seawall* unit batu pecah terhadap besarnya *run-up* gelombang. Studi eksperimen dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS Surabaya. Skala model yang digunakan 1:25 dengan empat variasi tinggi gelombang ( $H$ ), dua variasi periode gelombang ( $T$ ), dan tiga variasi sudut kemiringan *armor* ( $\theta$ ). Parameter yang digunakan dalam penelitian adalah *run-up* relatif ( $R_u/H$ ), bilangan iribarren ( $\xi$ ) dan kecuraman gelombang ( $H/gT^2$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *run-up* relatif akan berbanding lurus dengan bilangan *iribarren* ( $\xi$ ). Sedangkan kecuraman gelombang ( $H/gT^2$ ) akan berbanding terbalik dengan *run-up* relatif ( $R_u/H$ ). Nilai  $R_u/H$  terbesar pada kemiringan 1:1,15 adalah 1,601, kemiringan 1:1,5 adalah 1,473 dan kemiringan 1:2 adalah 1,396. Nilai *run-up* relatif semakin menurun dengan semakin landainya kemiringan *armor seawall*.

Kata kunci : batu pecah, pemodelan fisik, *run-up*, *seawall*.

# **EXPERIMENTAL STUDY OF WAVE RUN-UP ON RUBBLE MOUND ARMORED SEAWALL**

**Name** : Ali Syafrudin  
**NRP** : 4313100049  
**Department** : Ocean Engineering, FTK-ITS  
**Supervisors** : 1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.  
2. Sujantoko, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Knowledge on wave run-up level is important for a proper design of the crest height of coastal structure. The research aims to determine the effect of wave conditions and rubble mound armored slope against amount of wave run-up. The experimental study was conducted in Environmental and Ocean Energy Laboratory, Department of Ocean Engineering, Faculty of Marine Technology, ITS Surabaya. A physical model with scale 1:25 was constructed with four variations of wave height (H), two variations of wave period (T), and three variations of slope ( $\theta$ ). Parameter used for this research are relative run-up ( $Ru/H$ ), Iribarren number ( $\xi$ ), and wave steepness ( $H/gT^2$ ). The result showed that relative run-up ( $Ru/H$ ) directly proportional with value of iribarren number ( $\xi$ ), while wave steepness ( $H/gT^2$ ) will inversely proportional with relative run-up ( $Ru/H$ ). The highest value of  $Ru/H$  on 1:1,15 slope = 1,601, 1:1,5 slope = 1,473, and 1:2 slope = 1,396. The value of relative run-up will decrease with more gentle slope.

**Keywords** : physical model, rubble mound, run-up, seawall.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Eksperimen *Run-up* Gelombang pada *Armor Seawall* Unit Batu Pecah”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) penulis di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari terdapat kekurangan baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi di Indonesia khususnya di bidang teknik kelautan yang utamanya berhubungan dengan aspek perlindungan pantai.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses pengerjaan penelitian dan penulisan laporan untuk Tugas Akhir ini penulis juga tidak lupa menyampaikan rasa terima kasih yang begitu mendalam kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung, menjadi semangat dan motivasi penulis serta biaya dan doa dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sujantoko, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut yang berkenan memberikan ijin penggunaan laboratoium.
5. Bapak Arif Mochtar, selaku teknisi laboratorium yang berkenan meluangkan waktunya dalam membantu proses pengujian.
6. Teman-teman seperjuangan, khususnya Vega, Iyan, Rindy, Danny, Awang, Rorry dan Vania yang banyak membantu dalam pelaksanaan eksperimen dan penyusunan Tugas Akhir.
7. Keluarga Besar Angkatan 2013 Teknik Kelautan FTK-ITS (Valtameri) atas kebersamaan, kekeluargaan dan bersama-sama menjalani kehidupan perkuliahan.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
LAMPIRAN .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Gelombang .....	6
2.2.2 Gelombang Acak .....	7
2.2.3 Spektra Gelombang .....	9
2.2.4 <i>Run-up</i> Gelombang.....	10
2.2.5 Tembok Laut ( <i>Seawall</i> ).....	11
2.2.6 Pelindung Kaki <i>Seawall</i> .....	13
2.2.7 Pemodelan Fisik .....	14
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Diagram <i>Fishbone</i> .....	15
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	15



3.3 Prosedur Penelitian .....	16
3.3.1 Studi Literatur.....	16
3.3.2 Persiapan Material dan Peralatan Uji .....	17
3.3.3 Pelaksanaan Pengujian.....	22
3.3.4 Pengukuran dan Pengamatan .....	25
3.3.5 Analisa dan Pembahasan.....	25
 BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Analisa Data .....	27
4.1.1 Data Gelombang.....	27
4.1.2 Data <i>Run-up</i> Gelombang.....	31
4.1.3 Nilai Iribarren <i>Run-up</i> Gelombang.....	33
4.2 Pembahasan .....	35
4.2.1 Hubungan <i>Run-up</i> Gelombang dengan Tinggi Gelombang.....	35
4.2.2 Pengaruh Sudut Kemiringan terhadap <i>Run-up</i> Gelombang.....	36
4.2.3 Hubungan <i>Run-up</i> Relatif dengan Bilangan Iribarren .....	37
4.2.4 Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap <i>Run-up</i> Relatif .....	40
4.2.5 Perbandingan dengan Penelitian Lain .....	42
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
 DAFTAR PUSTAKA .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Gelombang dan Parameternya .....	7
Gambar 2.2	Definisi Gelombang Ireguler .....	8
Gambar 2.3	Sket <i>Run-up</i> Gelombang .....	10
Gambar 2.4	Grafik <i>Run-up</i> Gelombang .....	11
Gambar 2.5	Macam-macam Tipe <i>Seawall</i> .....	12
Gambar 3.1	Diagram Fishbone Penelitian .....	15
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3.3	Penampang Melintang Model Struktur <i>Seawall</i> .....	17
Gambar 3.4	Model Batu Pecah.....	18
Gambar 3.5	Konfigurasi <i>Seawall</i> dengan Kemiringan <i>Armor</i> 1:1,15.....	19
Gambar 3.6	Konfigurasi <i>Seawall</i> dengan Kemiringan <i>Armor</i> 1:1,5.....	19
Gambar 3.7	Konfigurasi <i>Seawall</i> dengan Kemiringan <i>Armor</i> 1:2 .....	19
Gambar 3.8	<i>Flume Tank</i> .....	21
Gambar 3.9	<i>Wave Probe</i> .....	22
Gambar 3.10	Alat Kalibrasi <i>Wave Probe</i> .....	23
Gambar 3.11	Skema Pengujian Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:1,15 .....	23
Gambar 3.12	Skema Pengujian Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:1,5 .....	24
Gambar 3.13	Skema Pengujian Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:2 .....	24
Gambar 3.14	Skema Pengujian Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:2 Tampak Atas .....	24
Gambar 3.15	Peletakan <i>Wave Probe</i> 2 secara Meletak di Atas Kemiringan .....	25
Gambar 4.1	Tampilan Excel Macro Refana .....	28
Gambar 4.2	Penempatan Output Refana pada Satu Folder .....	28
Gambar 4.3	Hasil Kalibrasi dengan <i>Software</i> AnaWare.....	29
Gambar 4.4	Tampilan <i>Software</i> Anaware .....	29
Gambar 4.5	Peletakan <i>Wave Probe</i> untuk Pengukuran <i>Run-up</i> Gelombang .....	31
Gambar 4.6	Hubungan antara <i>Run-up</i> Gelombang dengan Tinggi Gelombang .....	36
Gambar 4.7	Pengaruh Kemiringan terhadap <i>Run-up</i> Gelombang .....	37

Gambar 4.8	Perbandingan <i>Run-up</i> Relatif dengan Bilangan Iribarren untuk Kemiringan 1:1,15 .....	38
Gambar 4.9	Perbandingan <i>Run-up</i> Relatif dengan Bilangan Iribarren untuk Kemiringan 1:1,5 .....	38
Gambar 4.10	Perbandingan <i>Run-up</i> Relatif dengan Bilangan Iribarren untuk Kemiringan 1:2 .....	39
Gambar 4.11	Perbandingan <i>Run-up</i> Relatif dengan Bilangan Iribarren .....	39
Gambar 4.12	Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap <i>Run-up</i> Relatif pada Kemiringan 1:1,15 .....	40
Gambar 4.13	Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap <i>Run-up</i> Relatif pada Kemiringan 1:1,5 .....	40
Gambar 4.14	Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap <i>Run-up</i> Relatif pada Kemiringan 1:1,2 .....	41
Gambar 4.15	Pengaruh Variasi Kemiringan pada Perbandingan H/Lo dengan Ru/H .....	41
Gambar 4.16	Perbandingan Studi Eksperimen dengan Hasil Penelitian Van der Meer dan Stam (1992) .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variasi Tinggi dan Periode Gelombang serta Sudut Kemiringan <i>Armor</i> .....	20
Tabel 4.1	Nilai <i>Input</i> dan <i>Output</i> Gelombang pada Kemiringan 1:1,15 .....	30
Tabel 4.2	Nilai <i>Input</i> dan <i>Output</i> Gelombang pada Kemiringan 1:1,5 .....	30
Tabel 4.3	Nilai <i>Input</i> dan <i>Output</i> Gelombang pada Kemiringan 1:2 .....	30
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran <i>Run-up</i> Gelombang Kemiringan 1:1,15 .....	32
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran <i>Run-up</i> Gelombang Kemiringan 1:1,5 .....	32
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran <i>Run-up</i> Gelombang Kemiringan 1:1,15 .....	32
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Iribarren dan <i>Wave Steepness</i> Gelombang pada Kemiringan 1:1,15 .....	34
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Iribarren dan <i>Wave Steepness</i> Gelombang pada Kemiringan 1:1,5 .....	34
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Iribarren dan <i>Wave Steepness</i> Gelombang pada Kemiringan 1:2 .....	35

## LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PROSES PEMASANGAN MODEL
LAMPIRAN B	HASIL <i>OUTPUT</i> GELOMBANG DARI <i>SOFTWARE</i> <i>ANAWARE</i>
LAMPIRAN C	HASIL PENGUKURAN TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG SERTA <i>RUN-UP</i> GELOMBANG
LAMPIRAN D	GRAFIK HUBUNGAN <i>RUN-UP</i> DENGAN TINGGI GELOMBANG

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai garis pantai terpanjang di dunia yaitu 95.161 km dan menempati urutan kedua setelah Kanada (Lasabuda, 2013). Hal ini merupakan potensi besar untuk memajukan perekonomian apabila dapat memanfaatkannya dengan baik. Hampir seluruh bagian garis pantai di Indonesia memiliki potensi untuk dikembangkan mencakup potensi perikanan, pariwisata, perkebunan, dan potensi lainnya (Basri, 2013). Tidak dapat dipungkiri bahwa kepadatan penduduk terpusat pada daerah yang dekat dengan pantai dengan kenyataan bahwa 60% dari penduduk Indonesia kira-kira 185 juta jiwa tinggal di daerah pesisir (Harahap, 2011). Tidaklah mengherankan apabila lingkungan yang dekat dengan pantai menjadi pusat pemanfaatan sekaligus kerusakan yang tingkatnya sudah cukup parah untuk beberapa daerah tertentu. Sejalan dengan berkembangnya daerah sekitar pantai berbagai permasalahan mulai muncul. Antara lain penempatan lahan pemukiman maupun bangunan pemerintah/swasta yang semakin mendekati garis pantai.

Adanya berbagai kegiatan pada daerah sekitar pantai dapat menyebabkan timbulnya masalah-masalah baru seperti, kerusakan akibat erosi pantai, mundurnya garis pantai, dan pencemaran lingkungan. Kerusakan akibat erosi pantai dapat bertambah parah dengan adanya aktivitas gelombang laut dan daya tahan tanah yang buruk. Hal ini menyebabkan semakin menjoroknya garis pantai ke darat yang mengakibatkan mundurnya garis pantai. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berubah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 1999). Pembangunan struktur pelindung untuk menjaga garis pantai sangat diperlukan untuk melindungi garis pantai dari terjangan gelombang. Salah satu struktur pelindung pantai yang dapat melindungi daerah sekitar pantai adalah *seawall*.

*Seawall* biasanya ditempatkan sejajar dengan garis pantai, membatasi secara langsung bidang daratan dengan air laut. Jenis struktur ini tidak bersifat meredam energi gelombang, akan tetapi memantulkan kembali energi gelombang yang menghantam sisi struktur. *Seawall* merupakan pemecah gelombang tipe “*non overtopping breakwater*”, yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan tidak mengijinkan air melimpas diatas struktur tersebut (*overtopping*). Limpasan air laut secara berlebihan akan menyebabkan erosi pada sistem bangunan yang dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan/kegagalan struktur dan juga dapat membahayakan daerah daratan yang dilindungi oleh *seawall* tersebut.

*Seawall* yang umum digunakan adalah tipe sisi miring. Bagian depan dari sisi miring diberi unit lapis pelindung dari tumpukan batu pecah (*rubble mound*). Lapisan pelindung (*armor*) bagian luar ini berfungsi menahan dan memecah energi gelombang (Muttray and Reedjik, 2008). Dalam desain tinggi mercu *seawall* harus direncanakan berdasarkan *run-up* gelombang yang akan terjadi. Menurut Battjes (1974), ketika gelombang datang menghantam *armor*, air yang terbawa oleh momentumnya merayap ke atas permukaan *armor*. Ketinggian vertikal dari *still water level* (SWL) yang berhasil dicapai oleh gelombang yang merayap tersebut disebut *run-up* gelombang. Besarnya *run-up* gelombang dapat dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya adalah sudut kemiringan *armor seawall*. Selain sudut kemiringan *armor*, faktor lain yang dapat mempengaruhi besarnya *run-up* gelombang adalah kekasaran permukaan unit batu pelindung yang digunakan untuk melindungi kaki *seawall*. *Armor seawall* yang digunakan adalah unit batu pecah. Unit pelindung ini mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya :

- a. Mudah diperbaiki
- b. Harga relatif murah apabila batu tersedia di dekat lokasi pembangunan
- c. Tidak membuat persyaratan yang berat pada tanah dasar.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan studi eksperimen untuk mengetahui besar *run-up* gelombang pada *armor seawall* unit batu pecah dengan variasi gelombang dan sudut kemiringan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat ditentukan beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi tinggi dan periode gelombang terhadap *run-up* gelombang pada *armor seawall* unit batu pecah?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut kemiringan *armor seawall* unit batu pecah terhadap *run-up* gelombang?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang dicapai antara lain :

1. Mengetahui besarnya *run-up* gelombang pada *armor seawall* unit batu pecah terhadap pengaruh variasi tinggi dan periode gelombang.
2. Mengetahui besarnya *run-up* gelombang terhadap variasi sudut kemiringan pada *armor seawall* unit batu pecah.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dari tugas akhir ini diharapkan dapat mengetahui besarnya *run-up* gelombang terhadap parameter yang mempengaruhinya. Dari hasil tersebut maka dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan *armor seawall*. Selain itu juga dapat digunakan sebagai bahan perbandingan dan pertimbangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan permasalahan tersebut.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yang diberikan, antara lain :

1. Arah sudut datang gelombang tegak lurus terhadap model uji.
2. Gelombang model yang dibangkitkan adalah gelombang irreguler.
3. Gaya gelombang terhadap stabilitas model tidak dikaji.
4. Variasi tinggi gelombang, periode gelombang, sudut kemiringan dan elevasi muka air ditentukan.
5. Fluida yang digunakan dalam *wave flume* adalah air tawar.
6. Beban arus dan beban angin diabaikan.
7. Skala model ditentukan.



## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

### **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilakukan, perumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian ini. Batasa masalah juga diberikan agar pembahasan tidak meluas.

### **Bab II. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Bab ini menjelaskan dasar teori dan tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam membahas dan menyelesaikan permasalahan yang ada.

### **Bab III. Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah sistematis dan terperinci yang terdiri atas pengumpulan data dan kerangka pemikiran sebagai dasar alur yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

### **Bab IV. Analisa dan Pembahasan**

Bab ini menjelaskan hasil analisa dari pengujian yang dilakukan. Hasil analisa dan pembahasan dari pengujian akan digunakan untuk menjawab tujuan dari dilakukannya penelitian ini.

### **Bab V. Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diberikan penulis terhadap permasalahan yang telah dianalisis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pusataka

*Seawall* atau tembok laut adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai yang terutama sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat (Mulia, 2007). Struktur pelindung pantai ini digunakan untuk melindungi kawasan yang berada di belakangnya dari gelombang. Penggunaan *seawall* dimaksudkan untuk memperkuat tepi pantai agar tidak terjadi pengikisan akibat gempuran gelombang. *Seawall* tidak meredam energi gelombang, tetapi gelombang yang mengenai permukaan struktur akan dipantulkan kembali dan menyebabkan gerusan pada kaki struktur. Oleh sebab itu, pada bagian kaki *seawall* dapat menggunakan *armor* batu pecah sebagai pelindung erosi yang cukup baik. Selain itu perlu dirancang juga kemiringan pelindung unit batu pecah agar tidak terjadi rayapan gelombang (*run-up*) yang dapat menyebabkan limpasan.

*Run-up* gelombang adalah salah satu kriteria utama dalam desain puncak kemiringan *armor* batu pecah. *Run-up* gelombang dideskripsikan sebagai jarak vertikal antara *still-water level* dengan titik tertinggi yang dicapai gelombang setelah mengenai struktur (Diwedat, 2015). Banyak penelitian mengenai *run-up* gelombang dan formula empirisnya telah dikembangkan dengan eksperimen laboratorium. Van der Meer dan Stam (1992) dalam penelitiannya mengenai *run-up* gelombang pada kemiringan dari struktur pelindung pantai. Penelitian tersebut membandingkan kemiringan halus dengan kemiringan *armor* batu terhadap besarnya *run-up* gelombang. Dari penelitian tersebut, didapatkan bahwa pada nilai iribarren yang lebih kecil terdapat perbedaan yang besar pada nilai *run-up* relatif kemiringan halus dengan kemiringan batu, sedangkan pada iribarren yang besar nilai *run-up* relatif hampir sama. Selain itu, penelitian tersebut juga membandingkan besarnya *run-up* gelombang pada kemiringan *armor* yang *permeable* dengan kemiringan *armor impermeable*. Mereka menunjukkan bahwa faktor yang paling signifikan mempengaruhi fenomena *run-up* gelombang pada

kemiringan *armor* batu adalah permeabilitas dari struktur dan parameter *irribaren number*.

Schimmels *et al.* (2012) dalam penelitiannya mengenai observasi *run-up* gelombang pada revetment dengan variasi porositas, dengan membandingkan antara revetment PBA yang mempunyai porositas tinggi dengan revetment IPPB *concrete block* yang mempunyai porositas rendah serta dengan kemiringan revetment kedap halus. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa IPPB *concrete block* mempunyai *run-up* relatif lebih kecil 10% sampai 24% daripada *slope* kedap halus, tetapi mempunyai *run-up* relatif lebih besar 20% sampai 45% dibandingkan dengan PBA.

Peneitian mengenai *run-up* gelombang juga dilakukan oleh Mase (1984) untuk kemiringan landai menggunakan gelombang acak. Eksperimen menunjukkan bahwa *run-up* tertinggi dalam setiap pengujian sangat sering muncul secara tunggal karena *run-up* gelombang tertinggi terjadi ketika aliran balik sebelumnya adalah kecil, dan tinggi *run-up* gelombang selanjutnya dikurangi dengan aliran balik dari *run-up* tertinggi. Gunbak (1978) melakukan pengujian *run-up* dan *rundown* pada struktur bangunan pemecah gelombang *rubble mound* dengan kemiringan lereng 1:2,5 adapun hasil dari pengujian ini mengusulkan bahwa ketinggian *run-up* untuk kemiringan lereng dengan permukaan yang kasar adalah :

$$\frac{Ru}{H} = \frac{a Ir}{1+b Ir}$$

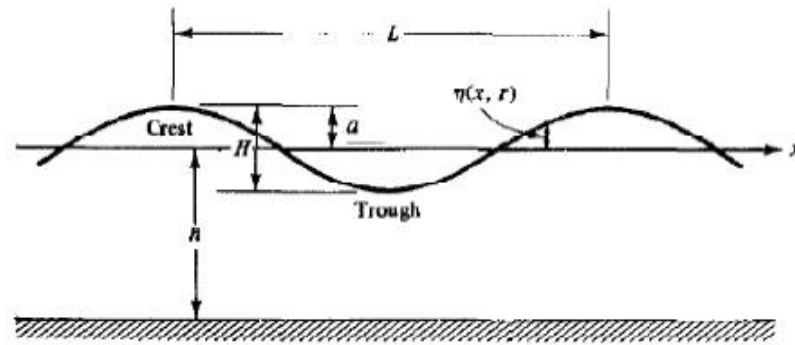
*Run-up* gelombang berkaitan dengan efektivitas bangunan karena struktur bangunan harus mampu menahan gesekan air pada permukaan bangunan (Christina dan Putuhena, 2009).

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Gelombang**

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman air. Parameter lain dapat ditentukan dengan ketiga parameter tersebut, dimana panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara puncak dan lembah gelombang. Periode gelombang (T) adalah

waktu yang diperlukan untuk mencapai satu panjang gelombang. Dengan dua parameter tersebut dapat ditentukan kecepatan rambat gelombang ( $C$ ) yang merupakan perbandingan antara panjang gelombang dengan periode gelombang ( $L/T$ ). Amplitudo adalah jarak antara puncak atau lembah gelombang pada permukaan air rata-rata ( $H/2$ )



Gambar 2.1 Ilustrasi gelombang dan parameternya (Dean dan Dalrymple, 1991)

Untuk menghitung panjang gelombang laut dangkal ( $L$ ) dari panjang gelombang laut dalam ( $L_0$ ) dan periode gelombang ( $T$ ), dapat digunakan iterasi dengan rumus berikut :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.1)$$

dimana,

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \text{ atau } 1,56T^2 \quad (2.2)$$

$$L_r = \frac{L_0 + L_i}{2} \quad (2.3)$$

dengan :

$L_r$  = panjang gelombang rerata antara  $L_0$  dengan  $L_{\text{iterasi}}$

$d$  = kedalaman air (m)

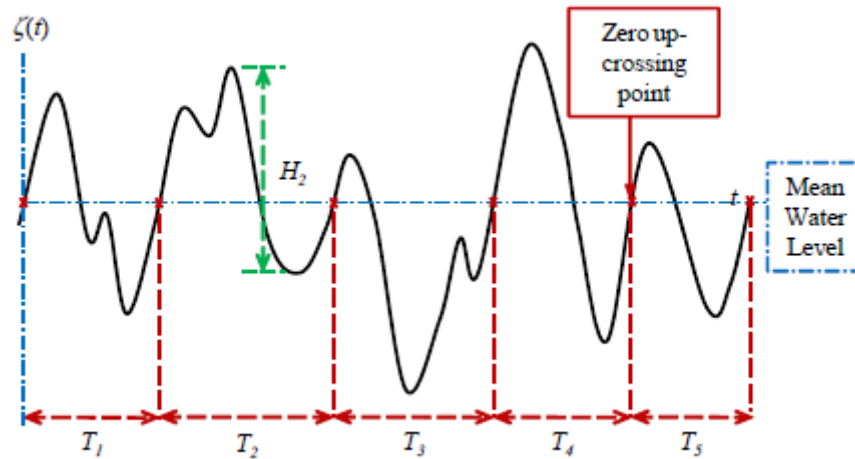
### 2.2.2 Gelombang Acak (*Irregular Wave*)

Gelombang acak menurut Bhattacharyya (1972) ditandai dengan :

1. Permukaan gelombang merupakan yang tidak berurutan, sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis karena ketidaklinearannya,

tiga dimensi dan memiliki bentuk yang acak (*random*), dimana suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda.

2. Permukaan gelombang yang tidak berurutan dan selalu berubah dari waktu ke waktu serta bervariasi dari tempat ke tempat lain, tergantung dari kecepatan angin.



Gambar 2.2 Definisi Gelombang Irregular

dimana,

$H$  = tinggi gelombang

$T$  = periode gelombang

Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang irregular tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya.

$$E_T = \sum E_I \quad (2.4)$$

Atau dalam bentuk lain :

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \xi_i^2 \quad (2.5)$$

dengan :

$E_T$  = energi total (joule/m)

$E_I$  = energi masing-masing gelombang sinusoidal (joule/m)

$\rho$  = densitas air laut ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/dt}^2$ )

$\xi_i$  = amplitudo gelombang (m)

Dengan demikian gelombang di laut dapat dinyatakan menurut distribusi energi terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuensinya disebut spektrum gelombang.

### 2.2.3 Spektra Gelombang

Gelombang acak merupakan gabungan dari gelombang-gelombang sinusoidal dengan panjang dan periode gelombang yang bervariasi. Pada gelombang acak tentunya tidak dapat dikenali suatu patron yang spesifik. Dengan demikian maka parameter gelombang akan lebih tepat bila didefinisikan dengan memakai besaran statistik seperti berikut :

$H_{1/3}$  = harga rata-rata dari 1/3 jumlah keseluruhan tinggi gelombang tertinggi atau tinggi gelombang signifikan.

$T_{1/3}$  = harga rata-rata dari 1/3 jumlah keseluruhan periode gelombang yang tertinggi atau periode signifikan.

Spektra parameter tunggal yang sering digunakan adalah model Pierson-Moskowitz (1964), yang berdasarkan pada parameter kecepatan angin. Selain itu terdapat beberapa spektra parameter ganda yang biasa digunakan seperti Bretshneider (1969), *International Ship Structure Congress* (1964), *International Towing Tank Conference* (1966, 1969, 1972) serta spektra gelombang *Joint North Sea Wave Project* atau JONSWAP. Spektra ini diturunkan untuk kondisi perairan laut utara dan akan lebih sesuai apabila diterapkan untuk perairan tertutup atau di daerah kepulauan (Hasselmen, 1973).

Spektra JONSWAP dikemukakan Hasselman (1973) berdasarkan data yang diambil di perairan bagian barat Denmark untuk membuat model spektrum gelombang, dimana model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S(\omega) = E(f) \exp \left[ -1.25 \left( \frac{f_p}{f} \right)^4 \right] \gamma^\Gamma \quad (2.6)$$

$$\Gamma = \exp \left[ -\frac{(f-f_p)^2}{2\beta^2 f_p^2} \right]; E(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \quad (2.7)$$

dimana,

$f$  = frekuensi (Hz)

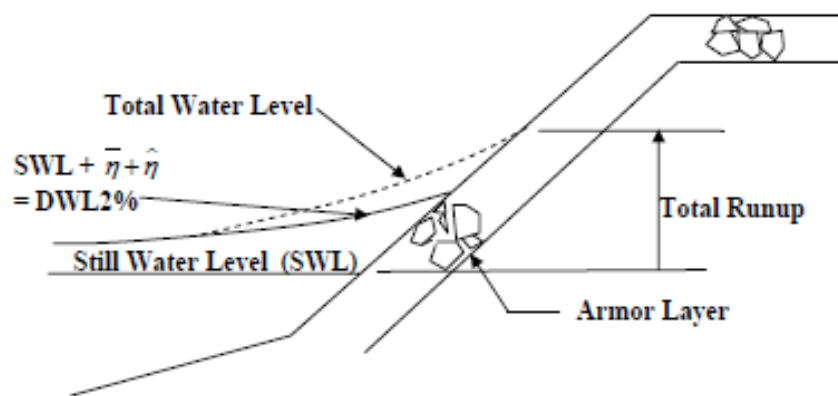
$f_p$  = frekuensi puncak (Hz)

$\alpha$  = konstanta Philip (equilibrium-range parameter)

$\gamma$  = peak edness parameter ( $\gamma = 3,3$  biasa digunakan)  
 $\beta$  = 0,07 untuk  $f < f_p$  atau  $\beta = 0,09$  untuk  $f > f_p$

#### 2.2.4 Run-up Gelombang

*Run-up* gelombang adalah tinggi vertikal maksimum dari gelombang yang mengenai pantai atau struktur pantai (Jensen dan Sorensen, 1979). Pada saat gelombang membentur penghalang dengan sisi miring, maka sebagian energi gelombang diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke struktur. *Run-up* gelombang tergantung pada bentuk dan kekasaran material yang digunakan, kedalaman muka air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang (Triatmodjo, 2012).



Gambar 2.3 Sket *run-up* gelombang  
(sumber: FEMA, 2005)

Ada dua jenis nilai *run-up* gelombang, *run-up* gelombang rerata dan gelombang 2%. *Run-up* gelombang rerata adalah tinggi *run-up* rerata ( $R_u$ ) untuk semua gelombang hasil pengamatan, sedangkan  $R_{u2\%}$  adalah tinggi *run-up* gelombang yang hanya 2% dari semua gelombang hasil pengamatan. Dengan kata lain, dari 100 gelombang yang datang, hanya diambil rata-rata dari 2 gelombang yang tertinggi.

*Run-up* gelombang sangat bergantung pada kondisi gelombang pecah. Gelombang pecah dapat diidentifikasi dengan *surf similarity parameter* atau

*breaker parameter* atau sering juga disebut dengan *irribarren number*,  $\xi$  (Battjes, 1974).

$$\frac{Ru}{H} = \xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT^2}}} \quad (2.8)$$

dengan,

$Ru$  = Tinggi *run-up* gelombang rerata (m)

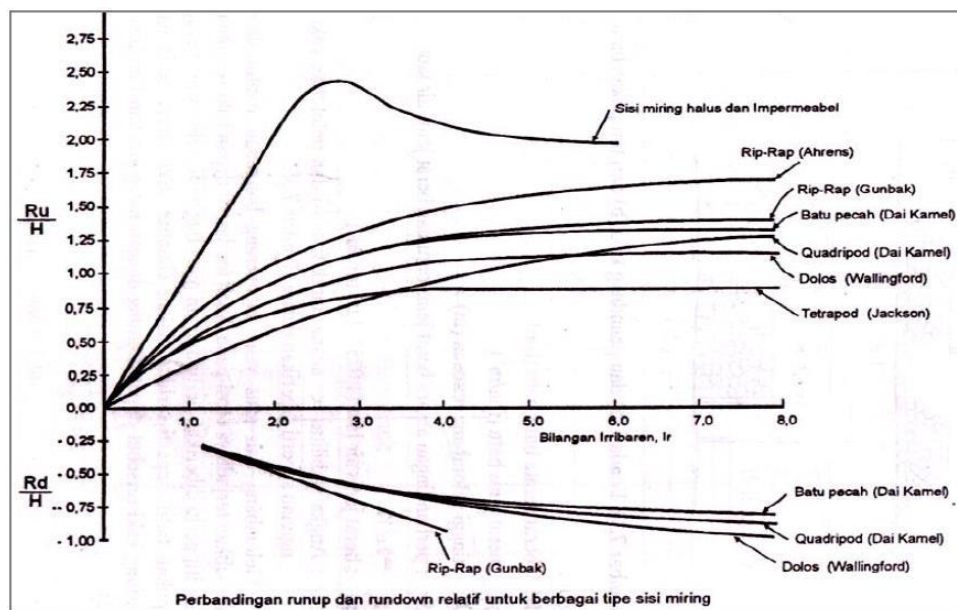
$H$  = Tinggi gelombang (m)

$\xi$  = Irribarren number

$\alpha$  = sudut kemiringan tanggul

$H_s$  = Tinggi gelombang signifikan (m)

$T$  = Periode Gelombang (s)



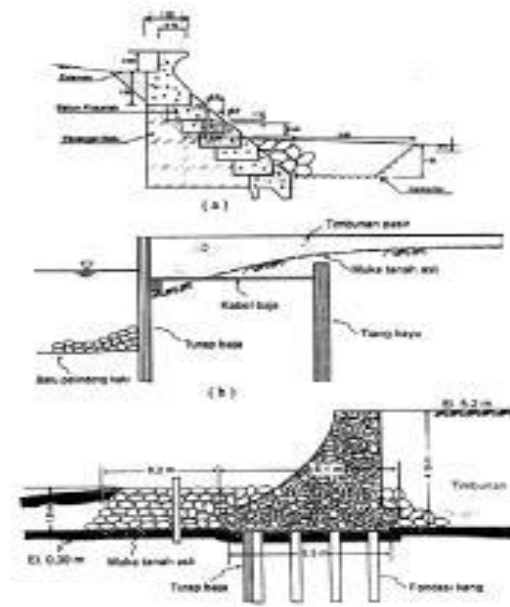
Gambar 2.4 Grafik *Run-up* Gelombang (Triatmodjo, 1999)

### 2.2.5 Tembok Laut (*Seawall*)

Tembok laut atau *seawall* adalah jenis konstruksi pelindung pantai yang ditempatkan sejajar atau kira-kira sejajar dengan garis pantai, membatasi secara langsung bidang daratan dengan air laut, dan digunakan untuk perlindungan pada pantai berlumpur atau berpasir. Fungsi utama *seawall* adalah melindungi pantai bagian darat (yang berada tepat di belakang konstruksi) terhadap abrasi akibat gelombang dan arus laut, serta sebagai penahan tanah di belakang konstruksi.



*Seawall* dapat dimasukkan dalam kategori bangunan pelindung pantai bersisi tegak, meskipun beberapa *seawall* dibuat dengan ber dinding cekung (konkaf). Pemilihan bentuk ini menyesuaikan fungsi dari *seawall* itu sendiri. *Seawall* bersisi tegak biasanya dipakai untuk perlindungan dermaga atau tempat penambatan kapal. Pemilihan *seawall* bersisi konkaf, umumnya dikarenakan sisi konkaf lebih kuat menghadapi hantaman gelombang besar. Bahkan konstruksi yang lazim dipergunakan adalah beton, turap baja, tumpukan pipa (buis) beton atau tumpukan batu. *Seawall* tidak bersifat meredam energi gelombang, akan tetapi memantulkan kembali energi gelombang yang menghantam sisi *seawall*. Konstruksi *seawall* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.5. Macam-macam tipe *seawall*

Kriteria perencanaan tembok laut:

1. Elevasi mercu

$$EL_{\text{mercu}} = DWL + Fb + Ru \quad (2.10)$$

Dimana :

$EL_{\text{mercu}}$  = elevasi mercu bangunan pantai (m)

$Ru$  = *Run-up* gelombang (m)

$Fb$  = tinggi jagaan (1,0 – 1,5 m)

$DWL$  = *design water level*

## 2. Lebar mercu

Lebar mercu tembok laut paling tidak tiga kali diameter equivalen batu lapis lindung. Bila mercu dipergunakan untuk jalan maka lebar mercu dapat diambil antara 3,0 s/d 6,0 m.

## 3. Berat lapis lindung

$$W = \frac{\gamma_b H^3}{K_D \Delta^3 \cot(\theta)} \quad (2.11)$$

$$\Delta = (\gamma_b - \gamma_a) / \gamma_a \quad (2.12)$$

Dimana:

- W = Berat minimum batu (tf)
- $\gamma_b$  = Berat jenis batu (tf/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_a$  = Berat jenis laut (tf/m<sup>3</sup>)
- H = Tinggi gelombang rencana (m)
- $\theta$  = Sudut kemiringan tembok laut
- KD = Koefisien stabilitas batu lindung

## 4. Tebal lapis lindung

$$t = 2d_e = 2 \left( \frac{W}{\gamma_b} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.13)$$

Dimana:

- t = Tebal lapisan lindung (m)
- $d_e$  = Diameter equivalen (m)
- W = Berat lapis lindung (m)
- $\gamma_b$  = Berat jenis batu (tf/m<sup>3</sup>)

### 2.2.6 Pelindung Kaki Seawall (*Protection Toe*)

Pelindung kaki berfungsi untuk menjaga stabilitas *seawall* dan melindunginya dari gerusan yang disebabkan oleh adanya arus horizontal ataupun pusaran di depan dinding pemecah gelombang. Gerusan yang dialami oleh *seawall* dapat menyebabkan struktur kehilangan kestabilannya dan dapat mengakibatkan keruntuhan.

Tebal *toe protection* =  $1t-2t$ , dan berat batu lapis lindung digunakan kira-kira setengah dari yang digunakan pada dinding tembok laut (Yuwono, 1992). Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan dihitung dengan persamaan :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s \gamma_a (S_r - 1)} \quad (2.14)$$

dimana,

$W$  = berat rerata butir batu (ton)

$\gamma_r$  = Berat jenis batu (ton/m<sup>3</sup>)

$S_r$  = Perbandingan berat jenis batu dan berat jenis air laut =  $\gamma_r / \gamma_a$

$\gamma_a$  = Berat jenis air laut (1,025-1,03 ton/m<sup>3</sup>)

$N_s$  = Angka stabilitas rencana untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan.

### 2.2.7 Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik digunakan sebagai percobaan yang dilakukan untuk mewakili bentuk yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang memadai. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa keserupaan geometrik, kinematik, dinamik (Yuwono, 1996). Penentuan skala model ini dengan membandingkan parameter di prototipe dengan model. Skala merupakan rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model. Apabila skala dan kesebangunan telah dipenuhi, maka sebelum menetapkan besaran skala yang akan digunakan terlebih dahulu harus memperhatikan tingkat ketelitian (Sharp J.J., 1981).

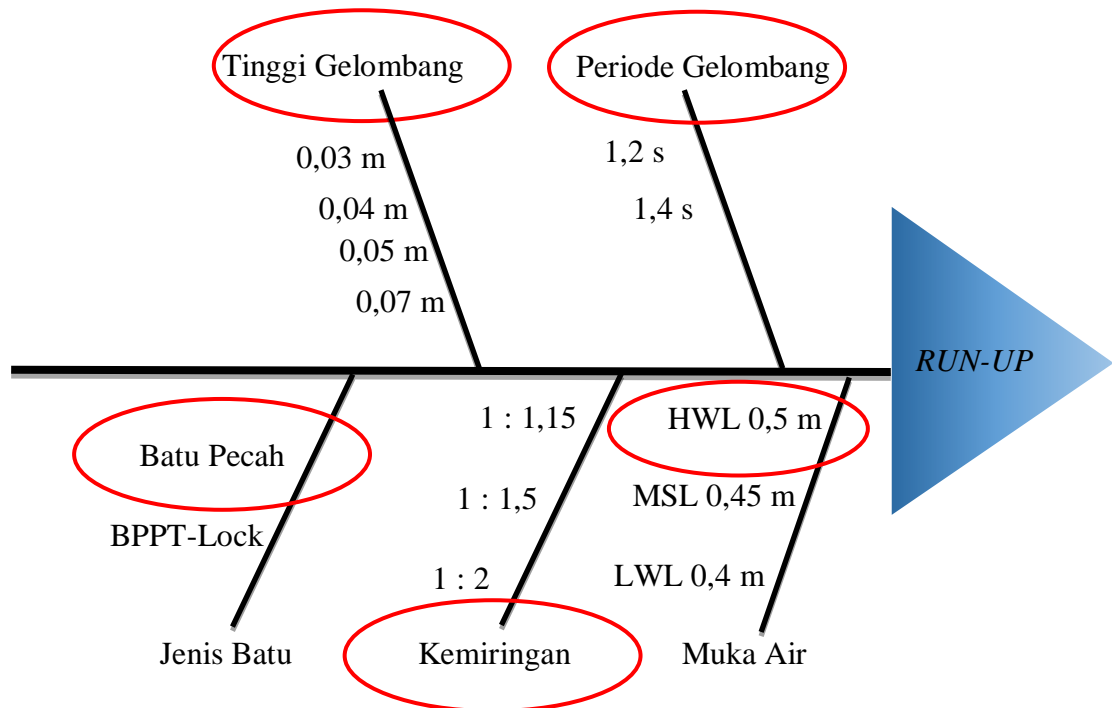
Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat memberikan data yang lebih akurat. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram *Fishbone*

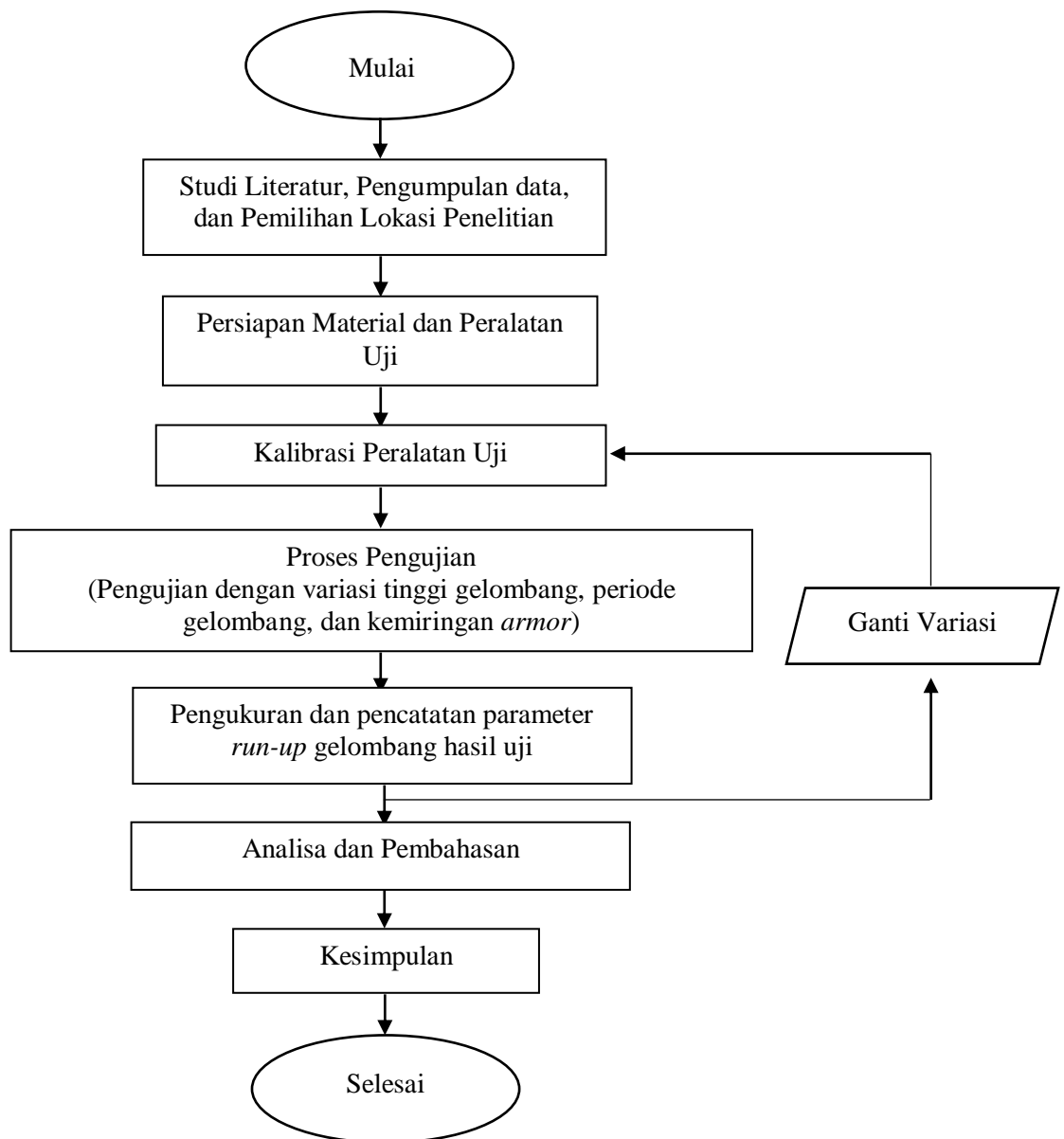
Untuk mempermudah gambaran variasi-variasi apa saja yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat melalui diagram tulang ikan atau *fishbone diagram* seperti di bawah ini:



**Gambar 3.1** Diagram *Fishbone* Penelitian

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan persiapan yang perlu dilakukan dalam menganalisis *run-up* gelombang pada *armor seawall* unit batu pecah. Tahapan tersebut dapat digambarkan pada diagram alir penelitian sebagai berikut.



**Gambar 3.2** Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian menjelaskan langkah-langkah penelitian berdasarkan sistematika penelitian sebagaimana yang telah ditunjukkan pada gambar 3.2.

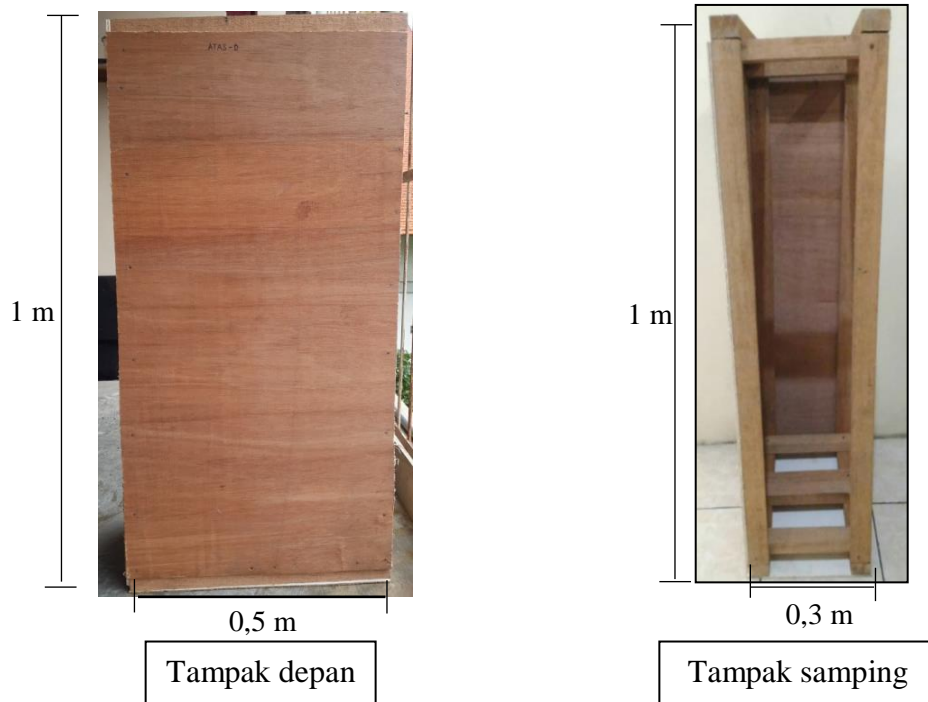
#### 3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini diawali dengan pemahaman materi yang didapatkan dari kuliah, *text book*, maupun jurnal. Pengumpulan data meliputi dimensi model dan beberapa parameter pengujian lainnya dengan tujuan menjadi modal pengetahuan awal tentang penelitian yang

akan dikerjakan dalam merumuskan hipotesis. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian model fisik pada *flume tank* di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Departemen Teknik Kelautan FTK ITS

### 3.3.2 Persiapan Material dan Peralatan Uji

Persiapan pengujian ini meliputi persiapan model, penentuan variasi parameter gelombang, variasi percobaan sebagai variabel bebas dalam penelitian, dan persiapan peralatan percobaan. Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteiti. Model yang digunakan dalam pengujian adalah struktur *seawall* (gambar 3.3) dengan dinding tegak yang terbuat dari rangka kayu yang dibuat menyerupai balok dengan tinggi 1 m, lebar 0,3 m, dan panjang 0,5 m. Kemudian rangka balok tersebut ditutup dengan menggunakan tripleks. Dalam balok tersebut diberi tumpukan batu paving sebagai pemberat.



**Gambar 3.3** Penampang melintang model struktur *seawall*

Untuk bagian depan struktur, diberikan pelindung berupa tumpukan *armor* unit batu pecah. Tumpukan armor batu pecah dibuat dua lapis dengan lapisan

dalam adalah 1/10 berat batu pecah lapisan luar. Model yang digunakan merupakan penggambaran prototipe yang diperkecil menggunakan skala 1:25.



**Gambar 3.4** Model Batu Pecah

*Seawall* dan armor batu pecah disusun berdasarkan konfigurasi pengujian. Model *seawall* ditempatkan di dasar *flume tank*. Untuk menggambarkan kondisi dasar laut, bagian depan dari *seawall* diberi tumpukan batako setinggi 0,2 m dari dasar *flume tank* sepanjang 2,3 m. Kemudian dibuat kemiringan 1:10 di depan batako menggunakan tripleks. Di depan model *seawall* dan di atas tumpukan batako terdapat susunan *armor* unit batu pecah. Susunan kemiringan *armor* unit batu pecah ini digunakan sebagai variasi pengujian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap besarnya *run-up* gelombang yang terjadi.

Terdapat tiga variasi kemiringan dalam pengujian yaitu 1:1,15, 1:1,5, dan 1:2. Konfigurasi model *armor* dibuat menjadi tiga bagian. Pertama adalah puncak yang memiliki lebar tiga kali diameter batu pecah. Kemudian kemiringan lereng *armor* yang akan divariasikan. Terakhir adalah pada bagian kaki dari model *armor* yang memiliki tinggi dua kali diameter batu pecah dan lebar tiga kali diameter batu pecah. Susunan model *armor* dibuat tiga lapis. Lapisan terluar adalah batu pecah yang memiliki berat yang memenuhi stabilitas. Lapis kedua adalah batu pecah dengan berat 1/10 berat batu lapisan luar. Dan lapisan terakhir

[illegible]

Diagram illustrating the cross-section of a flume tank setup for a rubble mound structure. The structure is composed of several layers and components:

- seawall**: The vertical structure on the left, with a height of 1 m and a top width of 0.1 m.
- Batu pecah (W) - Main**: The top layer of the rubble mound.
- Batu pecah - Second armor (W/10)**: The middle layer of the rubble mound.
- Tumpukan karung pasir**: A pile of sand bags located between the main armor and the second armor.
- Batu pecah - Kaki**: The bottom layer of the rubble mound.
- seabed**: The base of the structure, labeled **Tumpukan batako**.
- Dasar flume tank**: The base of the flume tank.

Dimensions and slopes are indicated:

- Seawall height: 1 m
- Seawall top width: 0.1 m
- Seawall base width: 0.3 m
- Rubble mound top width: 3 D
- Rubble mound base width: 3 D
- Rubble mound height: 0.7 m
- Rubble mound base depth: 0.2 m
- Rubble mound slope: 1:1.5
- Rubble mound base width: 2 D
- Rubble mound base depth: 1.47 m
- Rubble mound base width: 0.85 m
- Rubble mound base width: 1:10

The diagram illustrates the cross-section of a flume tank with various armor layers and dimensions. The vertical dimensions on the left are 0.1 m, 0.7 m, and 0.2 m, with a total height of 1 m. The horizontal dimensions at the bottom are 0.3 m, 1.82 m, and 0.5 m. The armor layers are labeled as follows:

- Batu pecah (W) - Main armor**: The top layer of armor, with a thickness of  $3D$ .
- Batu pecah - Second armor (W/10)**: The middle layer of armor, with a thickness of  $W/10$ .
- Tumpukan karung pasir**: A layer of sandbags between the armor layers.
- Batu pecah - Kaki**: The bottom layer of armor, with a thickness of  $2D$ .

The base of the flume tank is labeled **seabed** and **Tumpukan batako** (brickwork pile). A slope triangle is shown with a vertical side of 1 and a horizontal side of 2. The bottom right corner has a slope of 1:10.



Dalam melakukan pengujian, selain dilakukan variasi kemiringan model *armor seawall*, juga dilakukan variasi tinggi gelombang dan periode gelombang. Penentuan variasi tersebut disesuaikan dengan kemampuan mesin pembangkit gelombang yang akan digunakan. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang ireguler dengan spektrum JONSWAP. Berikut adalah variasi pengujian yang dituliskan dalam tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Variasi tinggi dan periode gelombang serta sudut kemiringan *armor*.

No. Percobaan	Ti [detik]	Hi [m]	Kemiringan
1	1,2	0,03	1 : 1,15
2	1,2	0,05	1 : 1,15
3	1,2	0,06	1 : 1,15
4	1,2	0,07	1 : 1,15
5	1,4	0,03	1 : 1,15
6	1,4	0,05	1 : 1,15
7	1,4	0,06	1 : 1,15
8	1,4	0,07	1 : 1,15
9	1,2	0,03	1 : 1,5
10	1,2	0,05	1 : 1,5
11	1,2	0,06	1 : 1,5
12	1,2	0,07	1 : 1,5
13	1,4	0,03	1 : 1,5
14	1,4	0,05	1 : 1,5
15	1,4	0,06	1 : 1,5
16	1,4	0,07	1 : 1,5
17	1,2	0,03	1 : 2
18	1,2	0,05	1 : 2
19	1,2	0,06	1 : 2
20	1,2	0,07	1 : 2
21	1,4	0,03	1 : 2
22	1,4	0,05	1 : 2
23	1,4	0,06	1 : 2
24	1,4	0,07	1 : 2

Setelah model dan variasi pengujian ditentukan, selanjutnya adalah mempersiapkan peralatan pengujian. Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian *run-up* gelombang pada *armor seawall* unit batu pecah diantaranya adalah sebagai berikut :

#### 1. Kolam Gelombang / Tangki Saluran Gelombang (*Flume Tank*)

Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Departemen Teknik Kelautan terdapat *flume tank* yang berdimensi 20 m x 2,3 m x 2,5 m (panjang, lebar, tinggi) memiliki tiga jenis pembangkit yaitu pembangkit arus, pembangkit angin, dan pembangkit gelombang. Pada pembangkit angin, angin dibangkitkan dengan menggunakan sistem *blower* yang mempunyai kecepatan maksimum 10 m/s. Pembangkit arus dibangkitkan dengan sistem *impeller* dengan rentang kecepatan 2,5 hingga 10 cm/s. Pembangkit gelombang menggunakan sistem *plunyer* yang dapat membangkitkan gelombang reguler hingga maksimum tinggi gelombang mencapai 30 cm dan gelombang ireguler *input* tinggi gelombang mencapai 7 cm. Besarnya periode berkisar antara 0,5 – 3 detik, serta kedalaman air maksimum sebesar 80 cm.



**Gambar 3.8** *Flume Tank*

#### 2. *Wave Probe*

*Wave probe* merupakan alat pengukur yang merekam tinggi gelombang yang terjadi. Data yang dihasilkan dari *wave probe* berupa titik-titik sebaran yang membentuk rangkaian gelombang dalam skala waktu tertentu (*time series*). Cara

kerja alat ini adalah ketika alat tersebut tercelup ke dalam air maka elektroda tersebut mengukur konduktivitas volume air. Konduktivitas tersebut berubah secara proporsional sesuai dengan variasi perubahan elevasi muka air. *Wave probe* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua buah yang dipasang pada bagian depan model untuk mengukur tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dan yang satunya dipasang miring di atas *armor* batu pecah untuk mengukur besarnya *run-up* gelombang.



**Gambar 3.9** *Wave Probe*

### 3. Sistem Komputer

Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Jurusan Teknik Kelautan dilengkapi dengan *interface* ADC (*Analog Digital Converter*). Alat ini mempunyai fungsi mengubah data analog dari *wave probe* menjadi data digital yang diproses dengan menggunakan perangkat lunak. Dengan perangkat ini dapat diketahui hasil rekaman gelombang yang terjadi.

#### 3.3.3 Pelaksanaan Pengujian

##### a. Kalibrasi *Wave Probe*

Agar data yang diperoleh akurat ketika pelaksanaan pengujian model fisik, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pada *wave probe* yang dilakukan dengan menentukan titik nol dari *wave probe*. Cara untuk melakukan kalibrasi adalah dengan menaikturunkan *wave probe* tiga titik ke atas dan tiga titik ke bawah. Jarak antar titik adalah 5 cm. setelah pencatatan selesai *wave probe* harus dikembalikan pada posisi titik nol. dengan mengacu pada titik nol yang sudah ditentukan. Proses kalibrasi *wave probe* dilakukan untuk memperoleh korelasi antara voltase yang merupakan *output* dari *wave probe* terhadap kedalaman air. Dari hubungan tersebut maka dapat dibentuk persamaan yang digunakan untuk

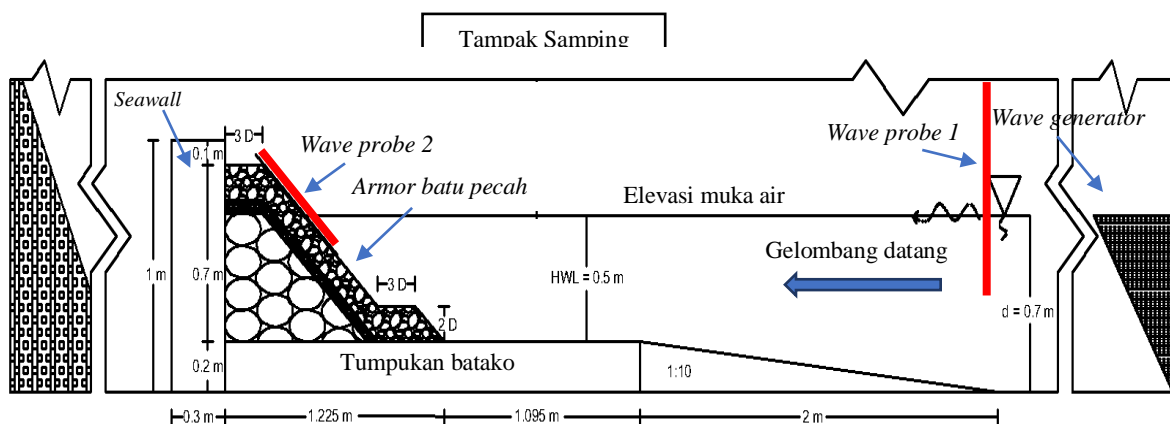
mengkonversi hasil *output* menjadi amplitudo gelombang. Data hasil rekaman dari *wave probe* (*time history*) berupa voltase dapat diubah menjadi nilai ketinggian gelombang yang terjadi sebenarnya.



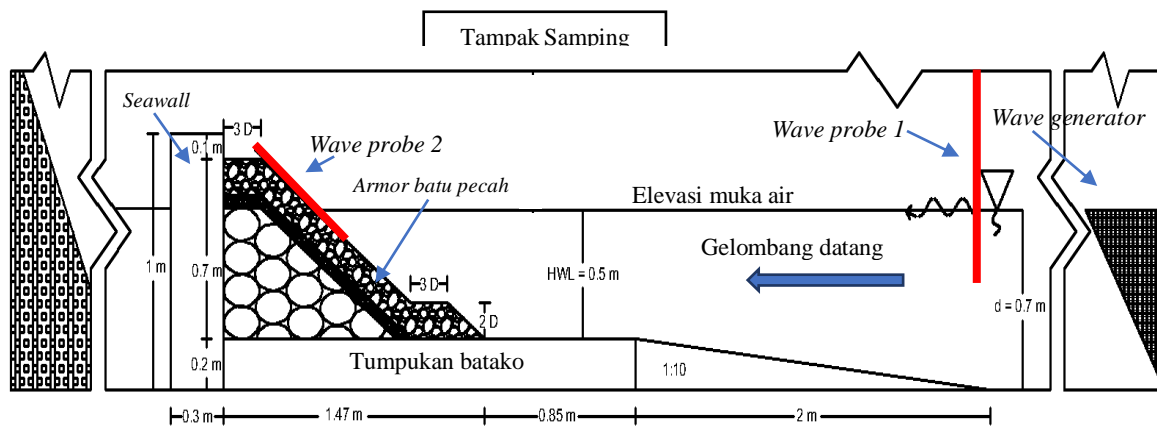
**Gambar 3.10** Alat Kalibrasi *Wave Probe*

#### b. Pengujian Model

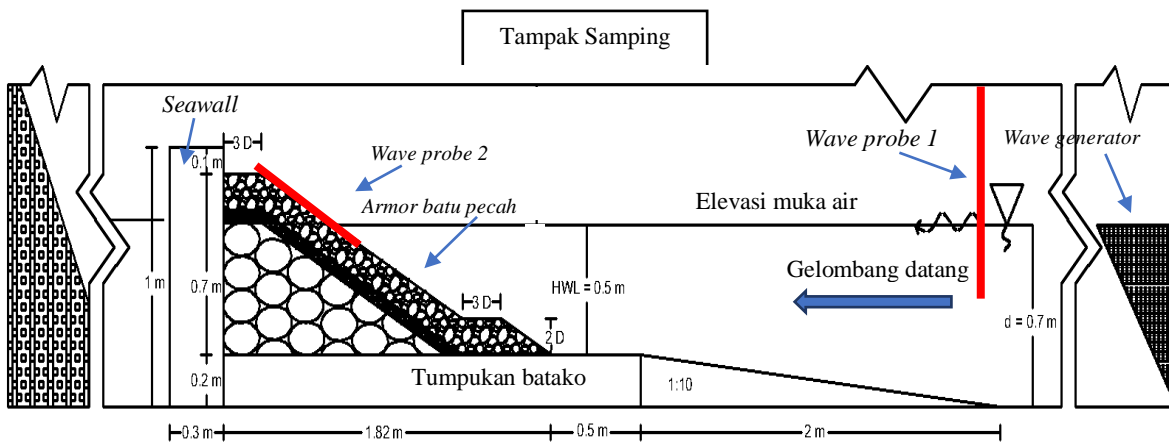
Model disusun berdasarkan konfigurasi pengujian. Pemasangan model dalam posisi tegak lurus terhadap arah gelombang. Selanjutnya setelah model disusun kemudian dilakukan pengujian dengan *input* tinggi dan periode gelombang yang bervariasi sesuai dengan rencana pengujian pada tabel 3.1 di atas. Dalam pengujian, gelombang yang dibangkitkan adalah ireguler. Untuk setiap variasi parameter pengujian dibangkitkan gelombang ireguler sebanyak 200 gelombang. Berikut adalah skema pengujian dengan variasi kemiringan *armor seawall*.



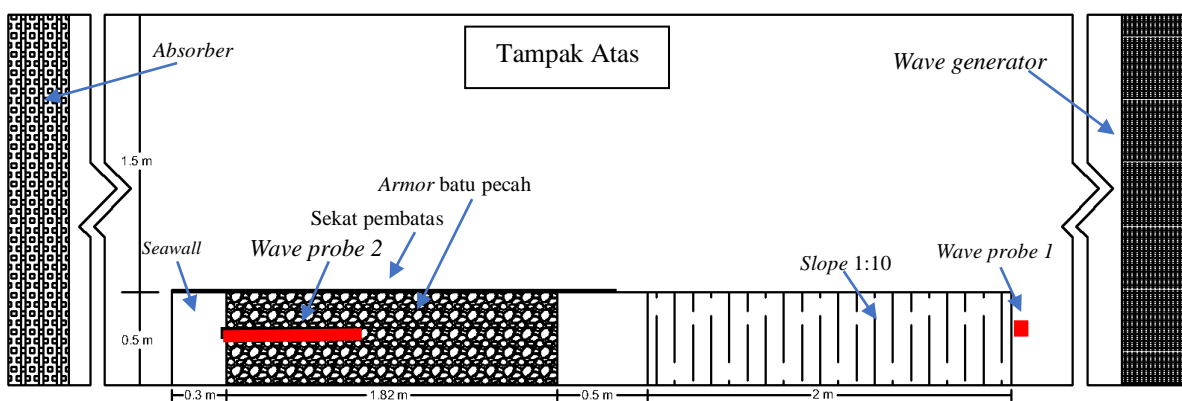
**Gambar 3.11** Skema Pengujian Kemiringan *Armor Seawall* 1:1,15



**Gambar 3.12** Skema Pengujian Kemiringan Armor Seawall 1:1,5



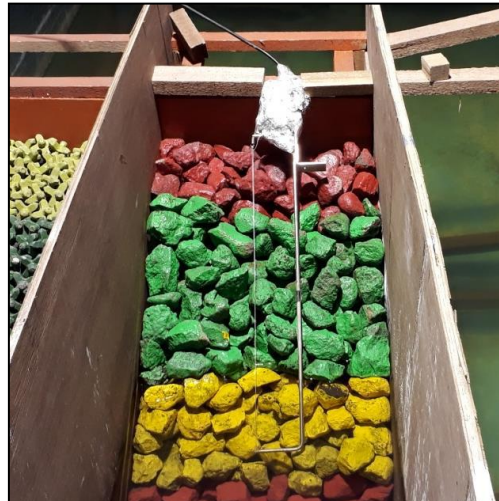
**Gambar 3.13** Skema Pengujian Kemiringan Armor Seawall 1:2



**Gambar 3.14** Skema Pengujian Kemiringan Armor Seawall 1:2 Tampak Atas.

### 3.3.4 Pengukuran dan Pengamatan

Pengujian yang dilakukan untuk setiap variasi kemiringan dan tinggi gelombang serta periode gelombang dibangkitkan sebanyak 200 gelombang ireguler. Pengukuran tinggi dan periode gelombang menggunakan wave probe 1 yang diletakkan di depan *slope seabed*. Sedangkan untuk pengukuran *run-up* gelombang menggunakan wave probe yang telah dipasang miring secara meletak di atas *armor* batu pecah. Pemasangan alat ukur gelombang ini dengan menempatkan sebagian dari alat tersebut tercelup agar dapat digunakan untuk kalibrasi yang nantinya akan menentukan titik nol elevasi muka air. Wave probe 2 yang dipasang miring ini akan merekam data tinggi gelombang maksimum yang merayap pada kemiringan *armor* batu pecah selama gelombang dibangkitkan.



**Gambar 3.15.** Peletakan Wave Probe 2 secara meletak di atas kemiringan *armor*

Data yang terekam harus dilakukan pengecekan terus menerus dengan melihat komputer kontrol. Setelah satu variasi pengujian selesai dilakukan pencatatan data yang terekam oleh wave probe dengan menggunakan *software* Refana.

### 3.3.5 Analisa Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh dari hasil pengujian diolah dan diperoleh parameter-parameter yang akan digunakan untuk membuat grafik hubungan dan pengaruh parameter pengujian. Analisa yang pertama dilakukan adalah analisa data. Data hasil pencatatan gelombang oleh wave probe 1 dan 2 berupa *Time History* (.TMH) diolah menggunakan refana, baik itu data variasi tinggi dan periode gelombang

maupuan data kalibrasi. Setelah itu, untuk mendapatkan tinggi gelombang signifikan dan periode puncak serta tinggi gelombang maksimum pada kemiringan armor digunakan software AnaWare untuk proses analisa data.

Setelah data selesai diolah maka dilakukan analisa hasil dan pembahasan dengan membuat grafik hubungan antara *run-up* gelombang dengan bilangan *irribarren*. Grafik ini nantinya dapat digunakan untuk menunjukkan bagaimana pengaruh tinggi dan periode gelombang terhadap besar *run-up* yang terjadi. Kemudian analisa juga dilakukan dengan membuat grafik pengaruh kecuraman gelombang terhadap *run-up* gelombang. Grafik ini dapat digunakan untuk menunjukkan pengaruh kecuraman gelombang terhadap *run-up* gelombang dalam beberapa variasi sudut kemiringan susunan model *armor seawall*.

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Dalam analisa tinggi run-up gelombang, faktor penting yang mempengaruhi besarnya *run-up* gelombang yaitu sudut kemiringan ( $\tan \Theta$ ), tinggi gelombang ( $H_s$ ), periode gelombang ( $T_p$ ), kekasaran *slope*, dan permeabilitas *slope*. Eksperimen *run-up* gelombang pada *seawall* dengan menggunakan batu pecah sebagai armor dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS. Pengujian menggunakan tiga variasi kemiringan yaitu 1 : 1,15, 1 : 1,5, dan 1 : 2. Dari pengujian diperoleh data tinggi gelombang dan periode gelombang yang dibangkitkan oleh *wave generator* serta tinggi rayapan gelombang maksimum pada *armor seawall* yang selanjutnya digunakan untuk menentukan *run-up* gelombang yang terjadi.

#### **4.1 Analisa Data**

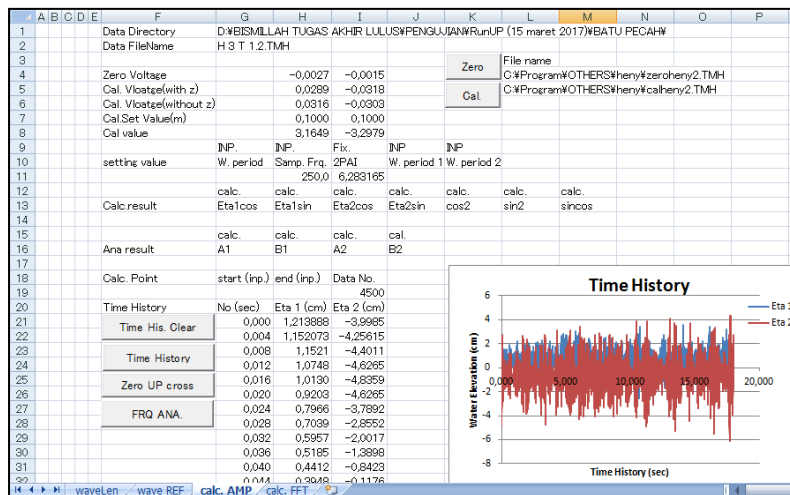
Dari pengujian yang telah dilakukan maka perlu dilakukan analisa data untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dapat digunakan untuk perhitungan lebih lanjut. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses analisa data.

##### **4.1.1 Data Gelombang**

Data gelombang hasil eksperimen yang digunakan untuk menganalisa *run-up* gelombang pada kemiringan *armor* ini menggunakan bantuan software *AnaWare*. *Software AnaWare* digunakan untuk menentukan nilai tinggi gelombang dan periode gelombang yang berasal dari pengukuran *wave probe*. Data gelombang yang terekam oleh sistem komputer dari hasil pengukuran *wave probe* berupa *Time History* (.TMH). Untuk dapat membaca data tersebut harus dilakukan konversi dengan menggunakan *macro excel Refana* sehingga diperoleh nilai tegangan fluktuatif yang direkam oleh *wave probe* selama *running* berlangsung.

Nilai Eta 1 merupakan nilai tegangan yang terekam oleh *wave probe* 1, dimana *wave probe* 1 diletakkan pada bagian depan struktur untuk mencatat periode dan tinggi gelombang datang.





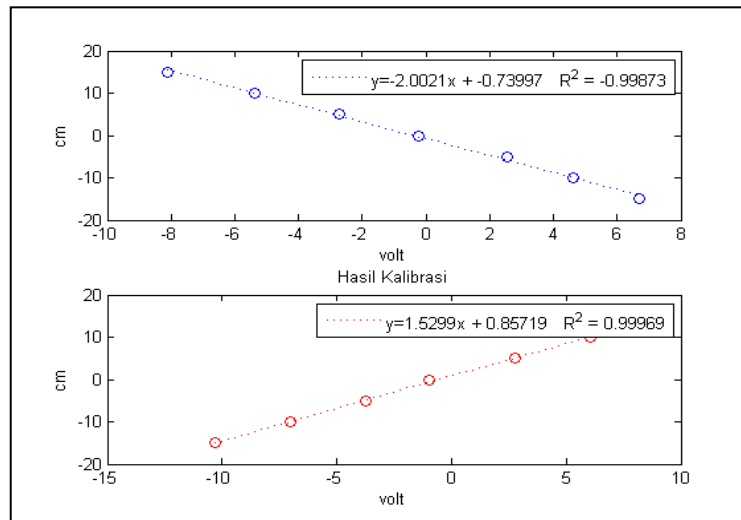
**Gambar 4.1.** Tampilan excel macro Refana untuk konversi nilai tegangan dari *Time History* (.TMH)

Sedangkan Eta 2 merupakan tegangan yang terekam oleh *wave probe* 2 yang diletakkan miring mengikuti kemiringan armor untuk mencatat tinggi rayapan gelombang maksimum yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai *run-up* gelombang. Kalibrasi *wave probe* bertujuan untuk mendapatkan akurasi saat pembacaan *wave probe*. Dari kalibrasi ditentukan titik referensi awal berdasarkan muka air tenang (*zero point*). Data yang dihasilkan berupa *Time History* (.TMH) yang kemudian dikonversikan menggunakan *macro excel Refana*. Excel hasil konversi baik itu kalibrasi *wave probe* dan rekaman gelombang disimpan dalam satu folder yang sama dengan *software AnaWare* agar dapat terbaca ketika *running* dengan *software* tersebut.

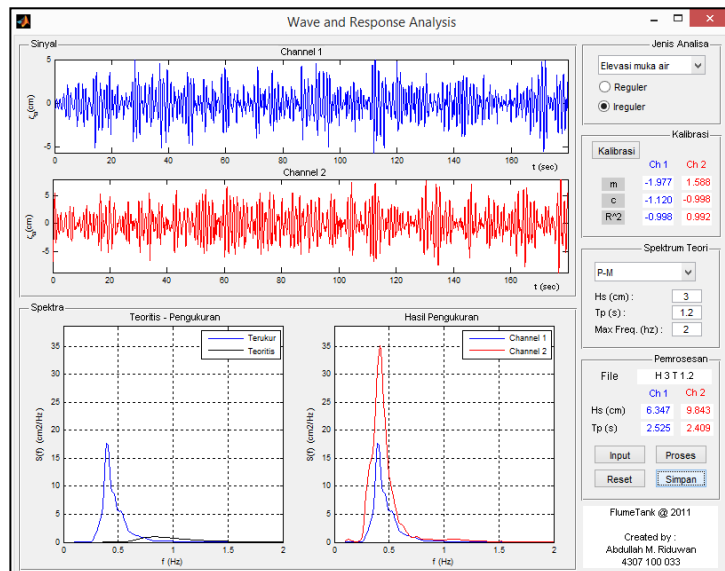
Name	Date modified	Type	Size
0	04/04/2017 22:57	Microsoft Office E...	54 KB
AnaWaRe	27/09/2016 0:50	Application	118 KB
D2	10/04/2017 14:23	Microsoft Office E...	66 KB
D3	10/04/2017 21:46	Microsoft Office E...	85 KB
D4	10/04/2017 21:46	Microsoft Office E...	90 KB
H 3 T 1.2	04/04/2017 18:40	Microsoft Office E...	353 KB
H 3 T 1.4	04/04/2017 18:43	Microsoft Office E...	354 KB
H 5 T 1.2	04/04/2017 18:45	Microsoft Office E...	353 KB
H 5 T 1.4	04/04/2017 18:46	Microsoft Office E...	353 KB
H 6 T 1.2	04/04/2017 18:50	Microsoft Office E...	354 KB
H 6 T 1.4	04/04/2017 18:51	Microsoft Office E...	354 KB
H 7 T 1.2	04/04/2017 18:52	Microsoft Office E...	354 KB
H 7 T 1.4	04/04/2017 18:53	Microsoft Office E...	354 KB
U2	10/04/2017 14:19	Microsoft Office E...	54 KB
U3	04/04/2017 23:06	Microsoft Office E...	54 KB
U4	10/04/2017 14:40	Microsoft Office E...	68 KB

**Gambar 4.2.** Penempatan *Output Refana* pada Satu Folder.

Penamaan pada *file excel* hasil konversi *software Refana* sangat penting karena apabila tidak sesuai seperti pada gambar 4.2, *software AnaWare* tidak dapat memunculkan hasil analisa. Contoh untuk *file* kalibrasi nilai 0, pada nilai +5 cm (*file* D2), nilai +10 cm (*file* D3), nilai +15 cm (*file* D4), nilai -5 (*file* U2), nilai -10 cm (*file* U3), dan nilai -15 cm (*file* U4).



**Gambar 4.3.** Hasil Kalibrasi dengan *Software AnaWare*



**Gambar 4.4.** Tampilan *Software AnaWare*

Tampilan *AnaWare* dapat dilihat pada gambar 4.4. Proses pertama menentukan jenis gelombang yang digunakan, dalam eksperimen ini yang digunakan adalah gelombang ireguler. Lalu dilakukan proses kalibrasi berdasarkan nilai pada *excel* kalibrasi. Selanjutnya menentukan jenis spektrum

yang digunakan (JONSWAP) dan memasukkan nilai  $H_s$  dan  $T_p$  rencana. *Input* kan *file* gelombang lalu proses *file* yang akan dianalisa. Dari hasil tersebut diperoleh nilai  $H_s$  dan  $T_p$  gelombang yang dicatat oleh *wave probe*. Berikut adalah tabel data gelombang hasil olahan *software AnaWare*.

**Tabel 4.1.** Nilai *Input* dan *Output* Gelombang pada Kemiringan 1:1,15

H in	H out	T in	T out
(meter)		(detik)	
0,03	0,064	1,2	1,55
0,03	0,065	1,4	1,77
0,05	0,097	1,2	1,48
0,05	0,106	1,4	1,60
0,06	0,119	1,2	1,49
0,06	0,129	1,4	1,60
0,07	0,122	1,2	1,42
0,07	0,148	1,4	1,56

**Tabel 4.2.** Nilai *Input* dan *Output* Gelombang pada Kemiringan 1:1,5

H in	H out	T in	T out
(meter)		(detik)	
0,03	0,067	1,2	1,64
0,03	0,068	1,4	1,71
0,05	0,103	1,2	1,53
0,05	0,113	1,4	1,68
0,06	0,128	1,2	1,60
0,06	0,134	1,4	1,69
0,07	0,131	1,2	1,54
0,07	0,150	1,4	1,63

**Tabel 4.3.** Nilai *Input* dan *Output* Gelombang pada Kemiringan 1:2

H in	H out	T in	T out
(meter)		(detik)	
0,03	0,063	1,2	1,58
0,03	0,065	1,4	1,66
0,05	0,098	1,2	1,49
0,05	0,108	1,4	1,63
0,06	0,120	1,2	1,58

H in	H out	T in	T out
0,06	0,129	1,4	1,71
0,07	0,127	1,2	1,55
0,07	0,141	1,4	1,66

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai tinggi gelombang dan periode gelombang yang diinputkan berbeda nilainya dengan yang dihasilkan pada sistem perekam data. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kinerja pembangkit gelombang yang kurang optimal. Berdasarkan tabel diatas merupakan output dari Ch 1 yang merupakan nilai tinggi dan periode yang terekam pada *wave probe* 1 digunakan sebagai data gelombang yang dibangkitkan.

#### 4.1.2 Data *Run-up* Gelombang

Selain data tinggi dan periode gelombang diatas, data yang diukur pada eksperimen laboratorium adalah *run-up* gelombang. Pengukuran dan perekaman *run-up* gelombang menggunakan *wave probe* (Ch 2) yang diletakkan secara meletak pada kemiringan *armor seawall* seperti tampak pada gambar 4.5. Proses olah data pada Ch 2 sama dengan Ch 1. Output yang digunakan dari olah data Ch 2 adalah rayapan gelombang maksimum pada sisi miring *armor* dari *still water level* (SWL). Dari puncak rayapan gelombang tersebut dapat ditarik garis tegak vertikal untuk mendapatkan besarnya *run-up* gelombang yang terjadi.



**Gambar 4.5.** Peletakan *Wave Probe* untuk Pengukuran *Run-up* Gelombang.

Berikut adalah gelombang maksimum dan tinggi *run-up* gelombang berdasarkan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode puncak ( $T_p$ ).

**Tabel 4.4.** Hasil Pengukuran *Run-up* Gelombang Kemiringan 1:1,15

$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	$R_u$ (m)
0,064	1,55	0,101
0,065	1,77	0,104
0,097	1,48	0,147
0,106	1,60	0,162
0,119	1,49	0,179
0,129	1,60	0,198
0,122	1,42	0,186
0,148	1,56	0,221

**Tabel 4.5.** Hasil Pengukuran *Run-up* Gelombang Kemiringan 1 :1,5

$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	$R_u$ (m)
0,067	1,64	0,095
0,068	1,71	0,100
0,103	1,53	0,139
0,113	1,68	0,157
0,128	1,60	0,169
0,134	1,69	0,185
0,131	1,54	0,175
0,150	1,63	0,199

**Tabel 4.6.** Hasil Pengukuran *Run-up* Gelombang Kemiringan 1:2

$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	$R_u$ (m)
0,063	1,58	0,085
0,065	1,66	0,091
0,098	1,49	0,130

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)
0,108	1,63	0,141
0,120	1,58	0,154
0,129	1,71	0,165
0,127	1,55	0,160
0,141	1,66	0,180

#### 4.1.3 Nilai Iribarren *Run-up* Gelombang

Nilai *run-up* gelombang yang terjadi tergantung pada parameter gelombang dan kemiringan sisi bangunan yang ada. Sehingga untuk menentukan hubungan antara besar *run-up* gelombang dengan parameter yang mempengaruhinya, digunakan persamaan fungsi bilangan Iribarren (  $\xi$  ).

Salah satu contoh perhitungan fungsi bilangan Iribarren untuk kemiringan 1:1,15 yaitu sebagai berikut :

$$H_s = 0,064 \text{ m}$$

$$T_p = 1,55 \text{ detik}$$

$$\tan \Theta = \frac{1}{1,15} = 0,87$$

$$\xi = \frac{\tan \Theta}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{g T^2}}}$$

$$\xi = \frac{0,87}{\sqrt{\frac{2\pi \cdot 0,064}{9,81 \cdot 1,55^2}}}$$

$$\xi = 6,64$$

Berikut ini adalah tabel lengkap hasil perhitungan *run-up* gelombang dan bilangan iribarren serta *wave steepness* tiap kemiringan *armor seawall*.

**Tabel 4.7.** Hasil Perhitungan Iribarren dan *Wave Steepness* Gelombang pada Kemiringan 1:1,15

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)	$\frac{Ru}{H}$	g	$\frac{H}{gT^2}$	Tan $\Theta$	$\xi$
0,064	1,55	0,101	1,559	9,81	0,0027	0,87	6,64
0,065	1,77	0,104	1,601	9,81	0,0021	0,87	7,55
0,097	1,48	0,147	1,509	9,81	0,0045	0,87	5,16
0,106	1,60	0,162	1,536	9,81	0,0042	0,87	5,34
0,119	1,49	0,179	1,501	9,81	0,0055	0,87	4,68
0,129	1,60	0,198	1,531	9,81	0,0051	0,87	4,84
0,122	1,42	0,186	1,520	9,81	0,0062	0,87	4,41
0,148	1,56	0,221	1,493	9,81	0,0062	0,87	4,42

**Tabel 4.8.** Hasil Perhitungan Iribarren dan *Wave Steepness* Gelombang pada Kemiringan 1:1,5

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)	$\frac{Ru}{H}$	g	$\frac{H}{gT^2}$	Tan $\Theta$	$\xi$
0,067	1,64	0,095	1,420	9,81	0,0025	0,67	5,28
0,068	1,71	0,100	1,473	9,81	0,0024	0,67	5,46
0,103	1,53	0,139	1,349	9,81	0,0045	0,67	3,96
0,113	1,68	0,157	1,389	9,81	0,0041	0,67	4,17
0,128	1,60	0,169	1,322	9,81	0,0051	0,67	3,73
0,134	1,69	0,185	1,382	9,81	0,0048	0,67	3,83
0,131	1,54	0,175	1,341	9,81	0,0056	0,67	3,54
0,150	1,63	0,199	1,324	9,81	0,0058	0,67	3,50

**Tabel 4.9.** Hasil Perhitungan Iribarren dan *Wave Steepness* Gelombang pada Kemiringan 1:2

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)	$\frac{Ru}{H}$	g	$\frac{H}{gT^2}$	Tan $\Theta$	$\xi$
0,063	1,58	0,085	1,356	9,81	0,0026	0,50	3,95
0,065	1,66	0,091	1,396	9,81	0,0024	0,50	4,07
0,098	1,49	0,130	1,326	9,81	0,0045	0,50	2,99
0,108	1,63	0,141	1,313	9,81	0,0041	0,50	3,11
0,120	1,58	0,154	1,288	9,81	0,0049	0,50	2,86
0,129	1,71	0,165	1,284	9,81	0,0045	0,50	2,98
0,127	1,55	0,160	1,261	9,81	0,0054	0,50	2,72
0,141	1,66	0,180	1,279	9,81	0,0052	0,50	2,77

## 4.2 Pembahasan

Pembahasan untuk hasil dari penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

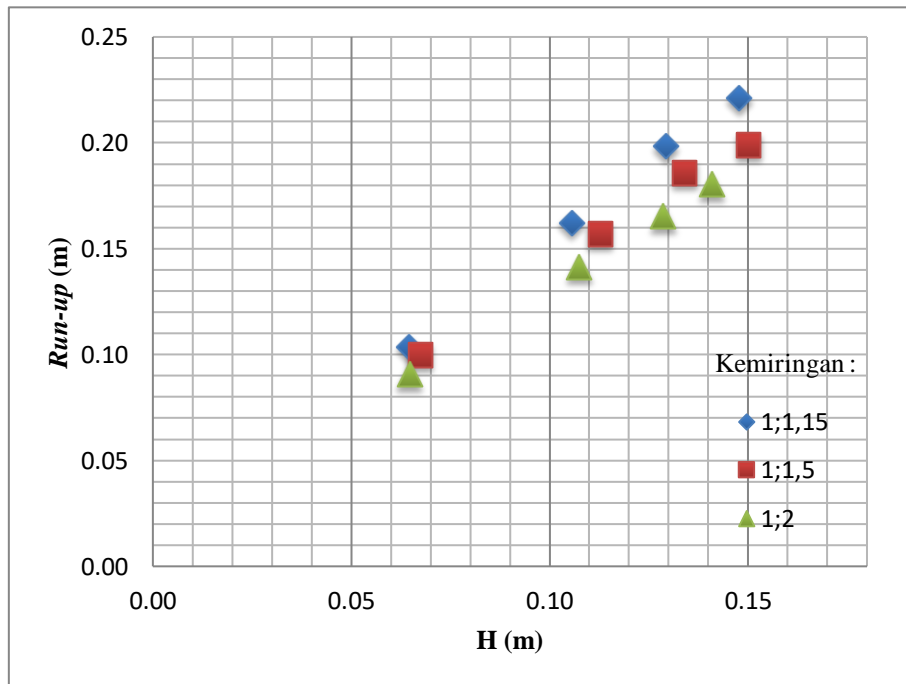
### 4.2.1 Hubungan *Run-up* Gelombang dengan Tinggi Gelombang

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran *run-up* gelombang untuk mengetahui besarnya *run-up* yang terjadi terhadap parameter-parameter yang mempengaruhinya. Salah satu parameter penting dalam eksperimen ini adalah tinggi gelombang. Variasi yang digunakan dalam pengujian adalah empat tinggi gelombang yang berbeda. Setiap tinggi gelombang yang dibangkitkan menghasilkan besar *run-up* gelombang yang berbeda.

Jika tinggi gelombang yang dibangkitkan dan *run-up* gelombang dihasilkan diplot dalam sebuah grafik dengan mengambil *run-up* sebagai varabel sumbu Y dan tinggi gelombang sebagai sumbu X untuk setiap variasi kemiringan,



maka akan dihasilkan grafik seperti pada gambar 4.6. Grafik tersebut memberikan hubungan antara nilai *run-up* dengan tinggi gelombang.



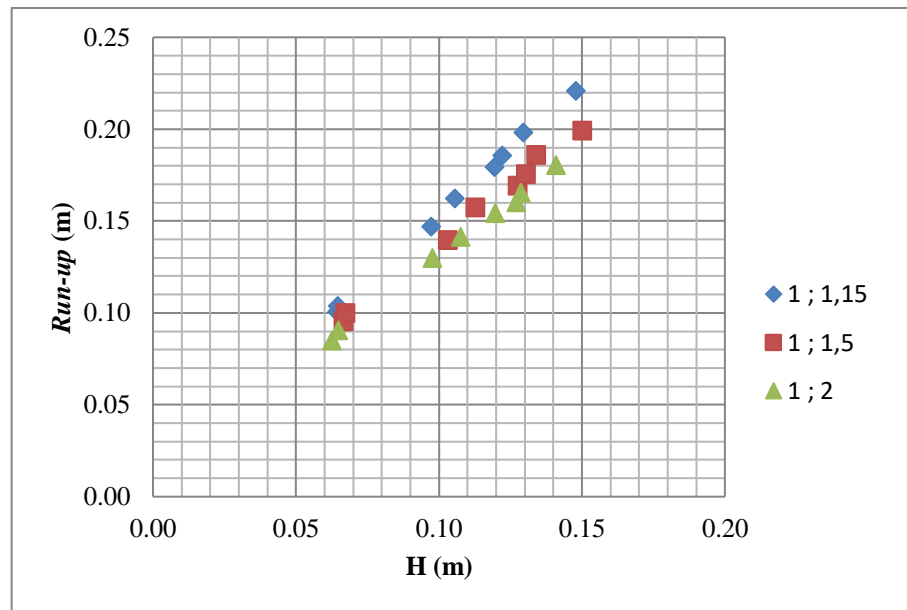
**Gambar 4.6.** Hubungan antara *Run-up* gelombang dengan Variasi Tinggi Gelombang

Dari gambar 4.6 diatas menunjukkan hubungan antara *run-up* gelombang dengan tinggi gelombang. Semakin tinggi gelombang yang mengenai *armor seawall* maka akan semakin besar *run-up* gelombang yang terjadi, dimana pada kemiringan 1:1,15 dengan tinggi gelombang (H) 0,15 meter yang merupakan variasi gelombang tertinggi menghasilkan *run-up* paling besar yaitu 0,22 meter dan pada variasi gelombang terendah (H=0,064 m) menghasilkan *run-up* paling kecil yaitu 0,1 meter. Hal ini juga ditunjukkan pada kemiringan 1:1,5 dan 1:2 dengan kenaikan *run-up* pada setiap tinggi gelombang yang lebih besar.

#### 4.2.2 Pengaruh Sudut Kemiringan terhadap *Run-up* Gelombang

Sudut kemiringan merupakan salah satu variasi pada studi eksperimen ini. Variasi ini mempunyai peran penting pada besarnya *run-up* gelombang yang terjadi. Semakin kecil sudut kemiringan yang berarti semakin landai *armor seawall* akan mengurangi besarnya *run-up* gelombang yang terjadi. Hal ini terjadi

karena semakin landai kemiringan akan memperpanjang jarak yang harus dicapai gelombang untuk mencapai puncak *armor*. Untuk menunjukkan perbandingan pengaruh sudut kemiringan terhadap *run-up* maka diperlukan plot grafik. Hasil pengukuran *run-up* digunakan sebagai sumbu Y dan tinggi gelombang sebagai sumbu X.

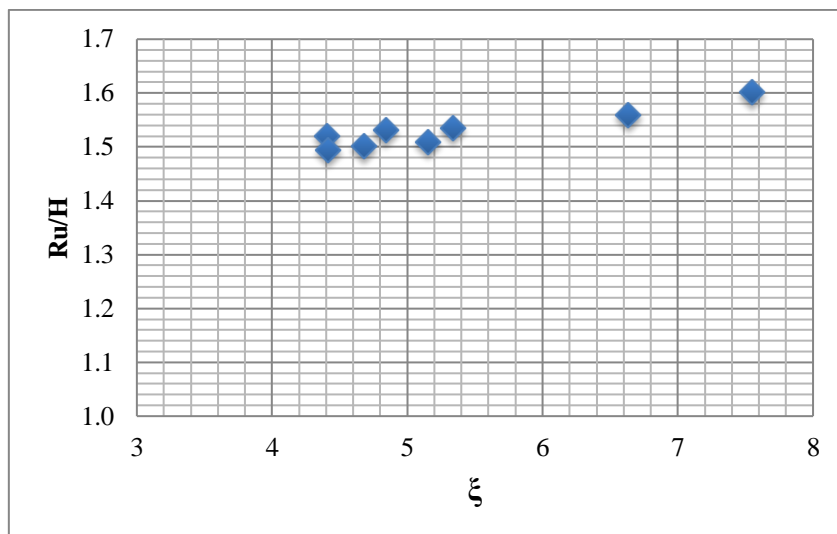


**Gambar 4.7.** Pengaruh Kemiringan *Armor* terhadap *Run-up* Gelombang.

#### 4.2.3 Hubungan *Run-up* Relatif dengan Bilangan Iribarren untuk Tiap Kemiringan

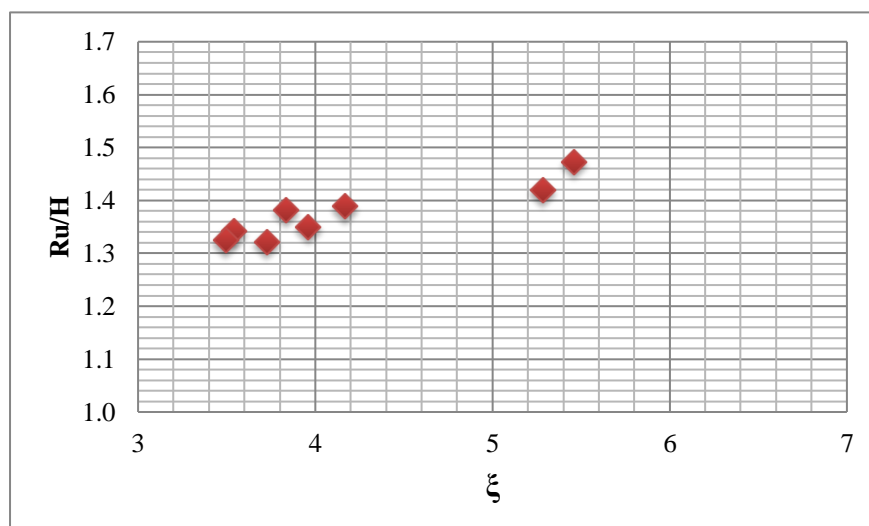
*Run-up* gelombang diukur dalam penelitian ini untuk menentukan perbandingan besarnya *run-up* gelombang tiap parameter uji sehingga dapat digunakan untuk menentukan ketinggian struktur yang akan dibangun. Untuk menunjukkan hubungan antara besar *run-up* pada tiap parameter uji digunakan bentuk tak berdimensi *run-up* relatif ( $Ru/H$ ) sebagai fungsi dari bilangan Iribarren, dimana  $Ru$  dan  $H$  adalah *run-up* dan tinggi gelombang yang diamati pada pengujian.

Jika nilai  $Ru/H$  digunakan sebagai variabel sumbu Y dan bilangan Iribarren sebagai sumbu X dalam plot grafik untuk setiap parameter gelombang dan kemiringan, maka akan dihasilkan grafik seperti pada gambar 4.8 - 4.10.

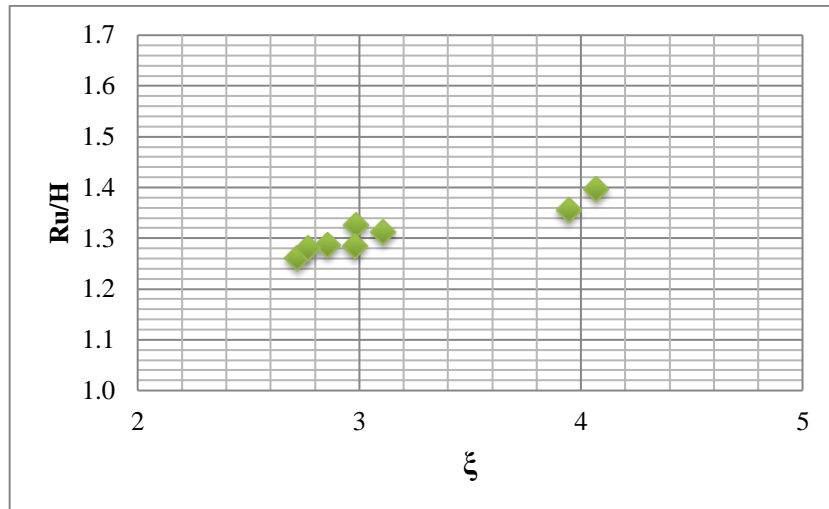


**Gambar 4.8.** Perbandingan *Run-up* Relatif dengan bilangan Iribarren untuk Kemiringan 1:1,15.

Dari gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara  $Ru/H$  dengan bilangan Iribarren. Jika perbandingan ini dijabarkan secara matematis maka akan diperoleh hubungan bahwa semakin besar nilai bilangan Iribarren maka *run-up* relatif cenderung semakin besar, dimana pada Iribarren 4,5-5,5 cenderung naik dan pada Iribarren 6,5-7,5 merupakan *run-up* relatif terbesar. Tren kenaikan *run-up* relatif ini juga ditunjukkan pada grafik kemiringan 1:1,5 dan 1:2. Berikut adalah grafik untuk dua kemiringan yang berbeda.

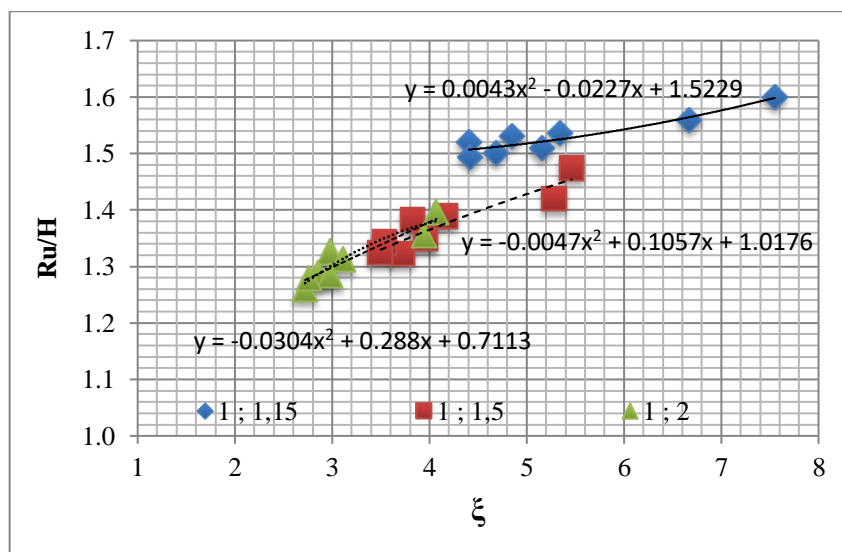


**Gambar 4.9.** Perbandingan *Run-up* Relatif dengan bilangan Iribarren untuk Kemiringan 1:1,5.



**Gambar 4.10.** Perbandingan *Run-up* Relatif dengan bilangan Iribarren untuk Kemiringan 1:2.

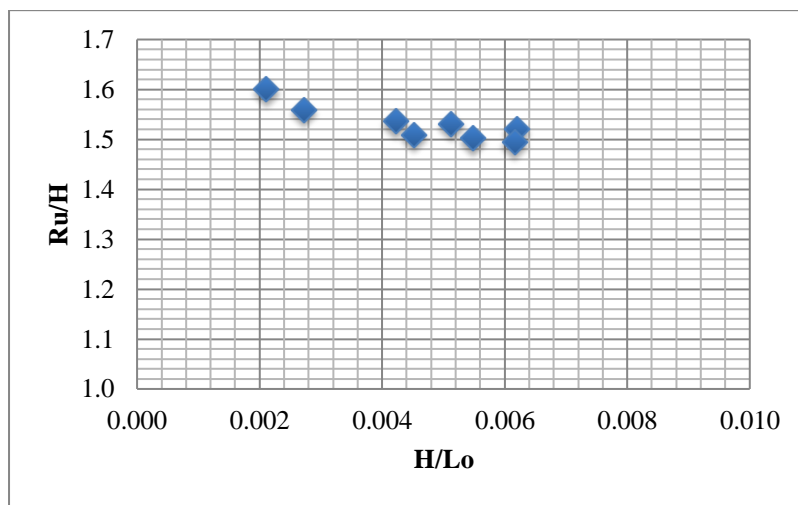
Dari grafik tersebut juga didapatkan bahwa semakin besar  $\cot\theta$  yang berarti semakin landai kemiringan, *run-up* semakin berkurang. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa ketika gelombang melewati kemiringan yang lebih panjang, kekasaran batu pecah ini akan memiliki rute yang lebih panjang untuk rayapan gelombang. Sehingga semakin banyak energi yang dapat di kurangi pada kemiringan *armor* maka semakin kecil rayapan gelombang yang dapat mencapai puncak kemiringan. Seperti tampak pada gambar 4.11 dibawah ini. *Run-up* relatif terkecil adalah pada kemiringan 1:2 dan *run-up* relatif terbesar yaitu pada kemiringan paling curam yaitu 1:1,15.



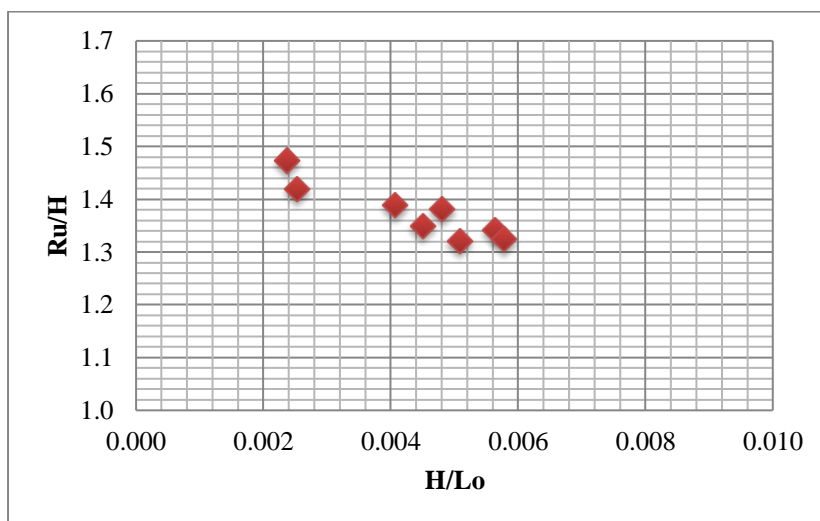
**Gambar 4.11.** Perbandingan *Run-up* Relatif dengan bilangan Iribarren.

#### 4.2.4 Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap *Run-up* Relatif untuk Tiap Kemiringan

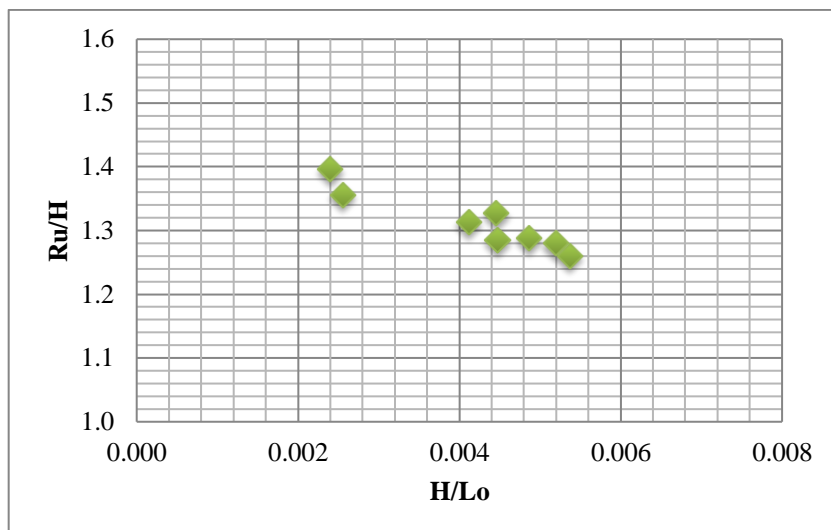
*Run-up* gelombang diukur pada setiap variasi tinggi gelombang dan periode gelombang. Untuk menyajikan pengaruh dari kecuraman gelombang terhadap *run-up* gelombang digunakan parameter tak berdimensi  $H/L_o$ . Pada subbab sebelumnya telah dilakukan perhitungan  $H/L_o$  dan *run-up* relatif ( $Ru/H$ ) dengan menggunakan data hasil pengukuran. Jika nilai *run-up* relatif diplot sebagai sumbu Y dan  $H/L_o$  sebagai sumbu X maka akan didapatkan grafik seperti gambar 4.12 – 4.14.



**Gambar 4.12.** Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap *Run-up* Relatif pada kemiringan 1:1,15

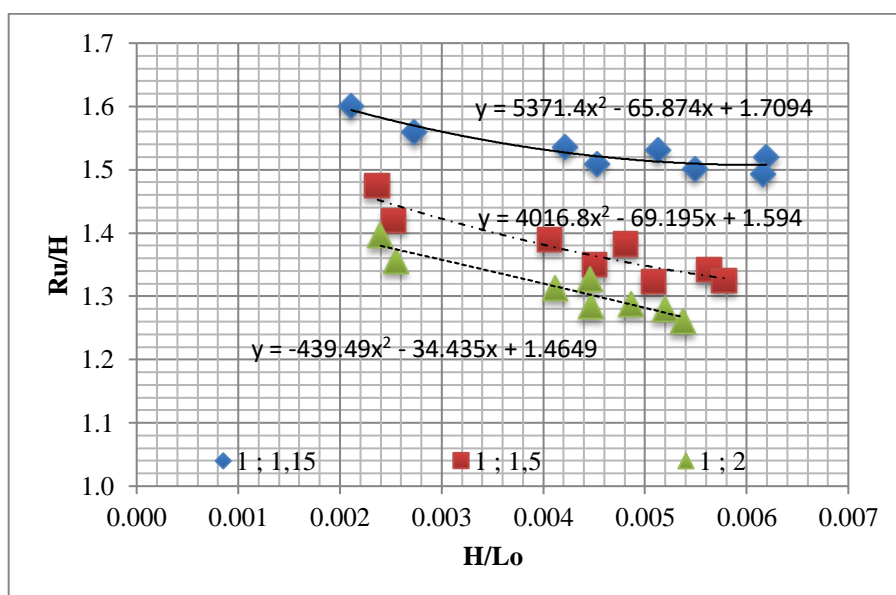


**Gambar 4.13.** Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap *Run-up* Relatif pada kemiringan 1:1,5



**Gambar 4.14.** Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap *Run-up* Relatif pada kemiringan 1:2

Dari ketiga grafik diatas menunjukkan tren yang sama bahwa dengan semakin menurunnya *run-up* relatif ( $Ru/H$ ) maka kecuraman gelombang ( $H/Lo$ ) semakin bertambah. Untuk memperjelas pengaruh sudut pada perbandingan kecuraman gelombang terhadap *run-up* relatif, ketiga grafik diatas diplot menjadi satu grafik seperti pada gambar 4.15.



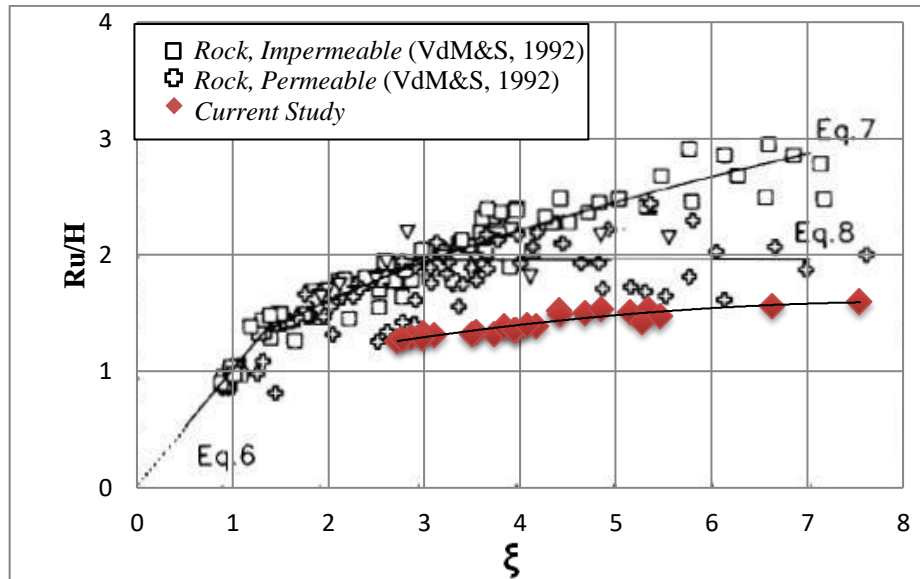
**Gambar 4.15.** Pengaruh Variasi Kemiringan pada Perbandingan  $H/Lo$  dengan  $Ru/H$

Dari grafik tersebut didapatkan bahwa semakin besar sudut kemiringan maka semakin besar pula *run-up* yang dihasilkan seperti pada kemiringan 1:1,15 yang mempunyai nilai *run-up* relatif terbesar. Pada kemiringan yang lebih landai yaitu 1:1,5 didapatkan nilai *run-up* relatif yang lebih kecil dibandingkan dengan kemiringan sebelumnya. Dan pada kemiringan paling landai 1:2 menghasilkan nilai *run-up* relatif paling kecil dibandingkan dengan 2 kemiringan sebelumnya.

#### 4.2.5 Perbandingan dengan Penelitian Lain

Beberapa Penelitian telah dilakukan mengenai *run-up* gelombang pada kemiringan struktur pemecah gelombang dengan menggunakan batu pecah sebagai *armor*. Sebagai perbandingan digunakan hasil penelitian Van der Meer dan Stam (1992) mengenai *run-up* gelombang pada kemiringan *armor* batu. Studi ini dilakukan pada laboratorium *Delft Hydraulics* dengan dimensi *flume* (50 m x 1 m x 1,2 m), dengan model dipasang sejauh 44 m dari pembangkit gelombang. Berat batu pecah yang digunakan dalam penelitian adalah 0,123 kg. Van der Meer dan Stam melakukan pengujian terhadap kemiringan *armor* batu pecah yang bersifat *permeable* dan *impermeable*. Pada kemiringan *impermeable* dilakukan pengujian dengan  $\cot \alpha = 2, 3, 4$ , dan 6. Sedangkan pada kemiringan *permeable*, sudut kemiringannya adalah  $\cot 1,5$ ,  $\cot 2$ , dan  $\cot 3$ . Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat variasi periode gelombang dan lima tinggi gelombang yang berbeda. Elevasi muka air yang digunakan adalah 80 cm.

Untuk mendapatkan perbandingan grafik yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan, penelitian Van der Meer dan Stam (1992) yang digunakan untuk perbandingan adalah yang bersifat *permeable*. Grafik di bawah ini merupakan perbandingan nilai *run-up* pada *armor seawall* unit batu pecah terhadap penelitian yang dilakukan oleh Van der Meer dan Stam.



**Gambar 4.16.** Perbandingan Studi Eksperimen dengan Hasil Penelitian Van der Meer dan Stam (1992)

Penyebaran data *run-up* relatif terhadap bilangan irribarren memiliki tren peningkatan yang sama, yaitu semakin besar bilangan irribarren maka *run-up* relatif cenderung semakin besar. Nilai *run-up* relatif pada penelitian ini, untuk bilangan irribarren yang sama memiliki nilai *run-up* relatif sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Van der Meer dan Stam (1992) pada struktur dasar yang *permeable*. Terdapat beberapa perbedaan pada skema pengujian yang dilakukan. Berat batu yang digunakan pada penelitian ini adalah 300 gram, jauh lebih besar jika dibandingkan dengan batu pada penelitian Van der Meer dan Stam. Diameter batu mempunyai pengaruh pada dua faktor yaitu kekasaran dan permeabilitas. Yang pertama adalah pengaruh dari kekasaran kemiringan armor. Semakin besar diameter batu yang digunakan, kekasaran kemiringan armor akan semakin besar yang dapat menyebabkan gelombang lebih banyak kehilangan energi. Sehingga nilai *run-up* gelombang menjadi lebih kecil. Faktor kedua yang mempengaruhi adalah permeabilitas dari lapisan armor. Kombinasi dari porositas dan diameter batu memberikan permeabilitas. Diameter unit *armor* sebanding dengan ukuran pori. Ketika ukuran pori lebih besar, lebih banyak ruang bagi gelombang untuk menghilangkan energi gelombang. Hal ini akan mengurangi besar *run-up* gelombang.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh kesimpulan antara lain :

- 1.a Pengaruh tinggi gelombang ( $H$ ) dan periode gelombang ( $T$ ) terhadap besarnya *run-up* gelombang ( $R_u$ ) pada *armor seawall* unit batu pecah yaitu semakin besar tinggi gelombang dan periode gelombang, maka semakin besar pula *run-up* gelombang yang terjadi. *Run-up* gelombang terbesar pada  $H_s=0,148$  m dan  $T_p= 1,56$  detik yaitu 0,221 meter. Sedangkan pada variasi terkecil pada  $H_s= 0,64$  dan  $T_p= 1,55$ , menghasilkan *run-up* gelombang sebesar 0,101 m.
- b. Semakin kecil sudut kemiringan yang artinya semakin landai kemiringan *armor*, maka semakin kecil *run-up* gelombang ( $R_u$ ) yang dihasilkan. Sedangkan semakin besar sudut kemiringan yang artinya semakin curam kemiringan *armor* menghasilkan *run-up* gelombang ( $R_u$ ) yang besar pula. *Run-up* gelombang ( $R_u$ ) terbesar pada sudut kemiringan =  $\cot 1,15$  yaitu sebesar 0,221 m. Pada sudut kemiringan =  $\cot 1,5$  *run-up* gelombang terbesar adalah 0,199 m dan pada sudut kemiringan =  $\cot 2$  sebesar 0,18 m untuk tinggi gelombang dan periode yang sama.
2. Korelasi Parameter tak berdimensi *run-up* relatif ( $R_u/H$ ) dilakukan terhadap *Surf Similarity Parameter* atau *Iribarren number* ( $\xi$ ). Dari korelasi tersebut diketahui hubungan bahwa semakin besar nilai *iribarren number* maka semakin besar nilai *run-up* relatif yang didapatkan. Pada *iribarren number* terbesar  $\xi= 7,55$  *run-up* relatif ( $R_u/H$ ) yang dihasilkan yaitu 1,559. Hal ini berbanding terbalik dengan korelasi antara *run-up* relatif terhadap kecuraman gelombang ( $H/gT^2$ ). Dari korelasi tersebut diperoleh hubungan bahwa semakin besar kecuraman gelombang maka semakin kecil *run-up* relatif yang dihasilkan.

## 5.2 Saran

Dari penelitian ini, saran penulis untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan hal-hal berikut :

1. Melakukan penelitian run-up gelombang dengan variasi elevasi muka air, sudut kemiringan yang lebih landai dari penelitian ini, dan memperbanyak variasi tinggi dan periode gelombang.
2. Melakukan penelitian *run-up* gelombang dengan menggunakan analisa video berupa *video image processor* sebagai alat ukur pembanding dari wave probe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Battjes, J.A. 1974. "Surf Similarity." Proceedings of the 14th International Coastal Engineering Conference. ASCE. Vol. 1.
- Basri. 2013. "Penataan dan Pengelolaan Wilayah Kelautan Perspektif Otonomi Daerah dan Pembangunan Berkelanjutan." *Perspektif*, 18(3), 180-187.
- Bhattacharya, Rameswar. 1972. "Dynamic of Marine Vehicles." Maryland: A Wiley Series.
- Christina, dan Putuhena, 2009. "Evaluation Stability of Sea Wall Construction at Erie Village Location Nusaniwe District Amboina City." *TEKNOLOGI* 6: 640-649.
- Diwedat, A.I. 2015. "Investigating The Effect of Wave Parameters on Wave Runup." National Water Research Center, Egypt.
- Dean, R.G., and R.A. Dalrymple. 1984. "Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists." Prentice- Hall, Englewood Cliffs.
- FEMA, 2005. "Guidelines and Specifications for Flood Hazard Mapping Partners."
- Günbak, A.R. 1976. "The Stability of Rubble Mound Breakwaters in Relation to Wave Breaking and Run-down Characteristis." Report No. R1-1976, Division of Port and Ocean Engineering, Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway.
- Harahap, S.A. 2011. "Dasar-Dasar Pengelolaan Pesisir." Bandung : Universitas Padjadjaran.
- Hasselman, K.. et al. 1973. "Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)." *Hydrographischen Zeitschrift*. Vol.A8. hal.12.

- Hughes, S.A. 1993. "Laboratory Wave Reflection Analysis Using Collocated Gauges." Coastal Engineering, ASCE.
- Jensen, O.J., and T. Sorensen. 1979, "Overspilling/Overtopping of Rubbl-Mound Breakwaters. Result Sof Studies, Useful in Design Procedures." Coastal Engineering Conf. ASCE.
- Lasabuda, R. 2013. "Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia." Jurnal Ilmiah Platax Vol. 1-2 ISSN : 2302-3589.
- Mase, Hajime. 1984. "Run-up of Random Waves on Gentle Slopes." Journal of Waterways. Harbors Division. ASCE.
- Muttray, M., and B. Reedijk. 2008. Design of Concrete Armour Layers. Delta Marine Consultants. Netherland.
- Pierson, J.Jr. Willard, Moskowitz, and A. Lionel. 1964. "Proposed Spectral Form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S. A. Kitaigorodskii." Geophysical Research, Vol. 69. hal.5181-5190.
- Schimmels, S., M. Vousdoukas, D. Wziatek, and Backer. 2012. "Wave Run-up Observations on Revetments with Different Porosities." Coastal Engineering Preceeding. Hannover, Germany.
- Sharp, J.J. 1981. Hydraulic Modelling. Butterworth & Co. (publishers) Ltd, London.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Van der Meer, J.W. and C.J.M Stam. 1992. "Wave run-up on smooth and rock slopes of coastal structures Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering." ASCE Reston, Vol. 118(5).
- Yuwono, Nur. 1992. Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II. Yogyakarta.

**LAMPIRAN A**  
**PROSES PEMASANGAN MODEL**



Pemasangan sekat



Pemasangan seabed



Kantong Pasir Lapisan *Armor*



Batu Pecah Lapisan *Armor* 1



Penataan Armor Batu Pecah sesuai Kemiringan

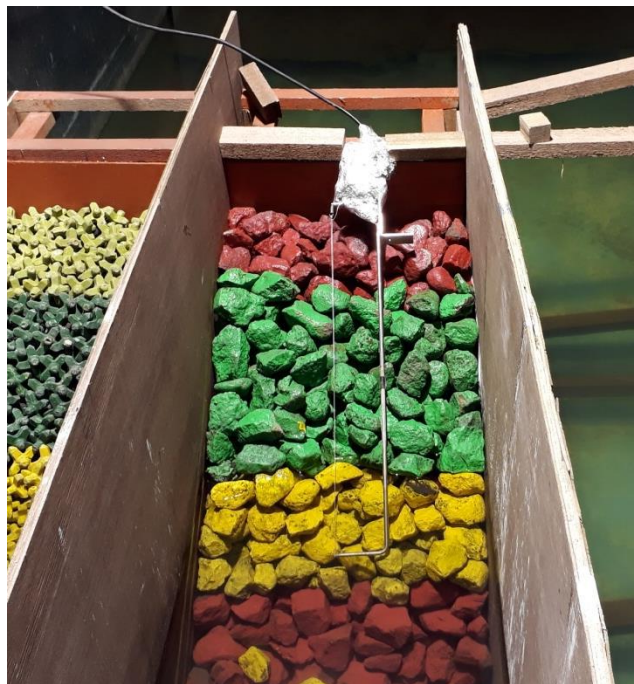


Pemasangan *Slope Seabed*





Peletakan *wave probe* 2 pada kemiringan 1 : 1,15



Peletakan *wave probe* 2 pada kemiringan 1 : 1,5



Peletakan *wave probe* 2 pada kemiringan 1 : 2

## LAMPIRAN B

### HASIL *OUTPUT* GELOMBANG DARI *SOFTWARE* ANAWARE

#### Variasi Kemiringan 1 : 1,15

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

```
=====
Nama File: H 3 T 1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.1004 seconds
Wave Peak Period        = 1.5508 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0141 seconds
Significant Wave Height  = 6.4457 centimetres
Maximum Wave Height     = 11.4089 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.4457 centimetres
Average Wave Height      = 4.0286 centimetres
rms Wave Height          = 3.5838 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.1861 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 4.8330 seconds
Wave Peak Period        = 1.2492 seconds
Mean Zero Crossing Period = 4.0512 seconds
Significant Wave Height  = 8.4821 centimetres
Maximum Wave Height     = 15.4013 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 8.4821 centimetres
Average Wave Height      = 5.3013 centimetres
rms Wave Height          = 4.7161 centimetres
Average of Highest 1/10  = 10.7723 centimetres
```

```
=====
Nama File: H 3 T 1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.4133 seconds
Wave Peak Period        = 1.7668 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2962 seconds
Significant Wave Height  = 6.4659 centimetres
Maximum Wave Height     = 11.4447 centimetres
```

Zero Moment Wave Height = 6.4659 centimetres  
Average Wave Height = 4.0412 centimetres  
rms Wave Height = 3.5951 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 8.2117 centimetres

#### Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 4.1608 seconds  
Wave Peak Period = 0.8812 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 3.0126 seconds  
Significant Wave Height = 8.9110 centimetres  
Maximum Wave Height = 15.7725 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 8.9110 centimetres  
Average Wave Height = 5.5694 centimetres  
rms Wave Height = 4.9545 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 11.3170 centimetres

=====

Nama File: H 5 T 1.2.xls

=====

#### Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.0208 seconds  
Wave Peak Period = 1.4812 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 1.9398 seconds  
Significant Wave Height = 9.7275 centimetres  
Maximum Wave Height = 17.2177 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 9.7275 centimetres  
Average Wave Height = 6.0797 centimetres  
rms Wave Height = 5.4085 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 12.3540 centimetres

#### Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 4.3761 seconds  
Wave Peak Period = 0.9726 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 3.3269 seconds  
Significant Wave Height = 12.7776 centimetres  
Maximum Wave Height = 22.3652 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 12.7776 centimetres  
Average Wave Height = 7.9860 centimetres  
rms Wave Height = 7.1044 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 16.2276 centimetres

=====  
Nama File: H 5 T 1.4.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++  
Average Wave Period = 2.4160 seconds  
Wave Peak Period = 1.5967 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.2975 seconds  
Significant Wave Height = 10.5663 centimetres  
Maximum Wave Height = 18.7023 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 10.5663 centimetres  
Average Wave Height = 6.6039 centimetres  
rms Wave Height = 5.8749 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 13.4192 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++  
Average Wave Period = 4.0781 seconds  
Wave Peak Period = 0.9075 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 3.0035 seconds  
Significant Wave Height = 13.9556 centimetres  
Maximum Wave Height = 24.7014 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 13.9556 centimetres  
Average Wave Height = 8.7223 centimetres  
rms Wave Height = 7.7593 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 17.7236 centimetres

=====  
Nama File: H 6 T 1.2.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++  
Average Wave Period = 2.1842 seconds  
Wave Peak Period = 1.4889 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.0904 seconds  
Significant Wave Height = 11.9372 centimetres  
Maximum Wave Height = 21.1288 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 11.9372 centimetres  
Average Wave Height = 7.4607 centimetres  
rms Wave Height = 6.6371 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 15.1602 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++  
Average Wave Period = 3.1062 seconds  
Wave Peak Period = 0.7621 seconds

Mean Zero Crossing Period = 2.1109 seconds  
Significant Wave Height = 15.4253 centimetres  
Maximum Wave Height = 27.3028 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 15.4253 centimetres  
Average Wave Height = 9.6408 centimetres  
rms Wave Height = 8.5765 centimetres

=====  
Nama File: H 6 T 1.4.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.4677 seconds  
Wave Peak Period = 1.6041 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.3522 seconds  
Significant Wave Height = 12.9427 centimetres  
Maximum Wave Height = 22.9085 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 12.9427 centimetres  
Average Wave Height = 8.0892 centimetres  
rms Wave Height = 7.1961 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 16.4372 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 4.1969 seconds  
Wave Peak Period = 0.8968 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 3.0632 seconds  
Significant Wave Height = 17.0579 centimetres  
Maximum Wave Height = 30.1924 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 17.0579 centimetres  
Average Wave Height = 10.6612 centimetres  
rms Wave Height = 9.4842 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 21.6635 centimetres

=====  
Nama File: H 7 T 1.2.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.0983 seconds  
Wave Peak Period = 1.4174 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.0118 seconds  
Significant Wave Height = 12.2079 centimetres  
Maximum Wave Height = 21.6079 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 12.2079 centimetres  
Average Wave Height = 7.6299 centimetres  
rms Wave Height = 6.7876 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 15.5040 centimetres

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 4.0988 seconds
Wave Peak Period        = 0.9117 seconds
Mean Zero Crossing Period = 3.0263 seconds
Significant Wave Height  = 15.9701 centimetres
Maximum Wave Height     = 28.2670 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 15.9701 centimetres
Average Wave Height      = 9.9813 centimetres
rms Wave Height          = 8.8794 centimetres
Average of Highest 1/10  = 20.2820 centimetres
```

```
=====
Nama File: H 7 T 1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.3473 seconds
Wave Peak Period        = 1.5634 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2438 seconds
Significant Wave Height  = 14.7852 centimetres
Maximum Wave Height     = 26.1698 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 14.7852 centimetres
Average Wave Height      = 9.2407 centimetres
rms Wave Height          = 8.2206 centimetres
Average of Highest 1/10  = 18.7772 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 3.9958 seconds
Wave Peak Period        = 0.8689 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.8405 seconds
Significant Wave Height  = 19.0110 centimetres
Maximum Wave Height     = 33.6495 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 19.0110 centimetres
Average Wave Height      = 11.8819 centimetres
rms Wave Height          = 10.5701 centimetres
Average of Highest 1/10  = 24.1440 centimetres
```

End of analysis result

## Variasi Kemiringan 1 : 1,5

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

```
=====
Nama File: H3 T1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.1143 seconds
Wave Peak Period        = 1.6409 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0365 seconds
Significant Wave Height  = 6.6922 centimetres
Maximum Wave Height      = 11.8452 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.6922 centimetres
Average Wave Height      = 4.1826 centimetres
rms Wave Height          = 3.7209 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.4991 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 3.4371 seconds
Wave Peak Period        = 0.7958 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3347 seconds
Significant Wave Height  = 9.6798 centimetres
Maximum Wave Height      = 17.1332 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 9.6798 centimetres
Average Wave Height      = 6.0499 centimetres
rms Wave Height          = 5.3820 centimetres
Average of Highest 1/10  = 12.2933 centimetres
```

```
=====
Nama File: H3 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.3979 seconds
Wave Peak Period        = 1.7050 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2808 seconds
Significant Wave Height  = 6.7597 centimetres
Maximum Wave Height      = 11.9646 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.7597 centimetres
Average Wave Height      = 4.2248 centimetres
rms Wave Height          = 3.7584 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.5848 centimetres
```



Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      =  4.6162 seconds
Wave Peak Period        =  1.0417 seconds
Mean Zero Crossing Period =  3.6918 seconds
Significant Wave Height = 14.1889 centimetres
Maximum Wave Height     = 25.1144 centimetres
Zero Moment Wave Height = 14.1889 centimetres
Average Wave Height     =  8.8681 centimetres
rms Wave Height         =  7.8890 centimetres
Average of Highest 1/10 = 18.0199 centimetres
```

```
=====
Nama File: H5 T1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      =  2.0301 seconds
Wave Peak Period        =  1.5280 seconds
Mean Zero Crossing Period =  1.9549 seconds
Significant Wave Height = 10.3254 centimetres
Maximum Wave Height     = 18.2760 centimetres
Zero Moment Wave Height = 10.3254 centimetres
Average Wave Height     =  6.4534 centimetres
rms Wave Height         =  5.7409 centimetres
Average of Highest 1/10 = 13.1133 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      =  4.6162 seconds
Wave Peak Period        =  1.0417 seconds
Mean Zero Crossing Period =  3.6918 seconds
Significant Wave Height = 14.1889 centimetres
Maximum Wave Height     = 25.1144 centimetres
Zero Moment Wave Height = 14.1889 centimetres
Average Wave Height     =  8.8681 centimetres
rms Wave Height         =  7.8890 centimetres
Average of Highest 1/10 = 18.0199 centimetres
```

```
=====
Nama File: H5 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
```

Average Wave Period	=	2.4504	seconds
Wave Peak Period	=	1.6815	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3311	seconds
Significant Wave Height	=	11.2926	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.9879	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.2926	centimetres
Average Wave Height	=	7.0579	centimetres
rms Wave Height	=	6.2787	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.3416	centimetres

#### Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 4.0988 seconds
Wave Peak Period        = 0.9117 seconds
Mean Zero Crossing Period = 3.0263 seconds
Significant Wave Height  = 15.9701 centimetres
Maximum Wave Height      = 28.2670 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 15.9701 centimetres
Average Wave Height      = 9.9813 centimetres
rms Wave Height          = 8.8794 centimetres
Average of Highest 1/10  = 20.2820 centimetres
```

```
=====
Nama File: H6 T1.2.xls
=====
```

#### Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.1907 seconds
Wave Peak Period        = 1.5989 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.1042 seconds
Significant Wave Height  = 12.7638 centimetres
Maximum Wave Height      = 22.5919 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 12.7638 centimetres
Average Wave Height      = 7.9774 centimetres
rms Wave Height          = 7.0967 centimetres
Average of Highest 1/10  = 16.2100 centimetres
```

#### Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 3.7282 seconds
Wave Peak Period        = 0.8869 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.6843 seconds
Significant Wave Height  = 17.1851 centimetres
Maximum Wave Height      = 30.4176 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 17.1851 centimetres
Average Wave Height      = 10.7407 centimetres
rms Wave Height          = 9.5549 centimetres
Average of Highest 1/10  = 21.8251 centimetres
```

=====  
Nama File: H6 Tl.4.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.4655 seconds  
Wave Peak Period = 1.6862 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.3430 seconds  
Significant Wave Height = 13.4179 centimetres  
Maximum Wave Height = 23.7497 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 13.4179 centimetres  
Average Wave Height = 8.3862 centimetres  
rms Wave Height = 7.4604 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 17.0408 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 3.7893 seconds  
Wave Peak Period = 1.0070 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.8675 seconds  
Significant Wave Height = 18.8870 centimetres  
Maximum Wave Height = 33.4300 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 18.8870 centimetres  
Average Wave Height = 11.8044 centimetres  
rms Wave Height = 10.5012 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 23.9865 centimetres

=====  
Nama File: H7 Tl.2.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.1080 seconds  
Wave Peak Period = 1.5369 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.0273 seconds  
Significant Wave Height = 13.0607 centimetres  
Maximum Wave Height = 23.1175 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 13.0607 centimetres  
Average Wave Height = 8.1629 centimetres  
rms Wave Height = 7.2618 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 16.5871 centimetres

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      =  4.9472 seconds
Wave Peak Period        =  1.4763 seconds
Mean Zero Crossing Period =  4.3073 seconds
Significant Wave Height  = 17.8425 centimetres
Maximum Wave Height      = 31.5813 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 17.8425 centimetres
Average Wave Height      = 11.1516 centimetres
rms Wave Height          =  9.9205 centimetres
Average of Highest 1/10  = 22.6600 centimetres
```

```
=====
Nama File: H7 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      =  2.3416 seconds
Wave Peak Period        =  1.6277 seconds
Mean Zero Crossing Period =  2.2361 seconds
Significant Wave Height  = 15.0256 centimetres
Maximum Wave Height      = 26.5953 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 15.0256 centimetres
Average Wave Height      =  9.3910 centimetres
rms Wave Height          =  8.3542 centimetres
Average of Highest 1/10  = 19.0825 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      =  3.1534 seconds
Wave Peak Period        =  0.8761 seconds
Mean Zero Crossing Period =  2.2797 seconds
Significant Wave Height  = 20.2592 centimetres
Maximum Wave Height      = 35.8587 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 20.2592 centimetres
Average Wave Height      = 12.6620 centimetres
rms Wave Height          = 11.2641 centimetres
Average of Highest 1/10  = 25.7291 centimetres
```

End of analysis result

## Variasi Kemiringan 1 : 2

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

```
=====
Nama File: H3 T1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.1006 seconds
Wave Peak Period        = 1.5812 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0148 seconds
Significant Wave Height  = 6.2631 centimetres
Maximum Wave Height     = 11.0857 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.2631 centimetres
Average Wave Height      = 3.9145 centimetres
rms Wave Height          = 3.4823 centimetres
Average of Highest 1/10  = 7.9542 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.5088 seconds
Wave Peak Period        = 0.8199 seconds
Mean Zero Crossing Period = 1.8311 seconds
Significant Wave Height  = 10.7229 centimetres
Maximum Wave Height     = 18.9796 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 10.7229 centimetres
Average Wave Height      = 6.7018 centimetres
rms Wave Height          = 5.9619 centimetres
Average of Highest 1/10  = 13.6181 centimetres
```

```
=====
Nama File: H3 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.4024 seconds
Wave Peak Period        = 1.6589 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2831 seconds
Significant Wave Height  = 6.4813 centimetres
Maximum Wave Height     = 11.4719 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.4813 centimetres
Average Wave Height      = 4.0508 centimetres
rms Wave Height          = 3.6036 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.2313 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 4.7043 seconds
Wave Peak Period        = 1.1042 seconds
Mean Zero Crossing Period = 3.8420 seconds
Significant Wave Height  = 11.4026 centimetres
Maximum Wave Height      = 20.1826 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 11.4026 centimetres
Average Wave Height      = 7.1266 centimetres
rms Wave Height          = 6.3399 centimetres
Average of Highest 1/10  = 14.4813 centimetres
```

```
=====
Nama File: H5 T1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.0171 seconds
Wave Peak Period        = 1.4944 seconds
Mean Zero Crossing Period = 1.9382 seconds
Significant Wave Height  = 9.7723 centimetres
Maximum Wave Height      = 17.2970 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 9.7723 centimetres
Average Wave Height      = 6.1077 centimetres
rms Wave Height          = 5.4334 centimetres
Average of Highest 1/10  = 12.4108 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 3.9144 seconds
Wave Peak Period        = 0.8396 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.7508 seconds
Significant Wave Height  = 16.3721 centimetres
Maximum Wave Height      = 28.9786 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 16.3721 centimetres
Average Wave Height      = 10.2326 centimetres
rms Wave Height          = 9.1029 centimetres
Average of Highest 1/10  = 20.7926 centimetres
```

```
=====
Nama File: H5 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
```

Average Wave Period	=	2.4197	seconds
Wave Peak Period	=	1.6319	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2938	seconds
Significant Wave Height	=	10.7559	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.0379	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.7559	centimetres
Average Wave Height	=	6.7224	centimetres
rms Wave Height	=	5.9803	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.6600	centimetres

#### Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 4.9472 seconds
Wave Peak Period        = 1.4763 seconds
Mean Zero Crossing Period = 4.3073 seconds
Significant Wave Height  = 17.8425 centimetres
Maximum Wave Height      = 31.5813 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 17.8425 centimetres
Average Wave Height      = 11.1516 centimetres
rms Wave Height          = 9.9205 centimetres
Average of Highest 1/10  = 22.6600 centimetres
```

```
=====
Nama File: H6 T1.2.xls
=====
```

#### Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.1802 seconds
Wave Peak Period        = 1.5826 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0915 seconds
Significant Wave Height  = 11.9592 centimetres
Maximum Wave Height      = 21.1678 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 11.9592 centimetres
Average Wave Height      = 7.4745 centimetres
rms Wave Height          = 6.6493 centimetres
Average of Highest 1/10  = 15.1882 centimetres
```

#### Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 3.8023 seconds
Wave Peak Period        = 0.9981 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.8479 seconds
Significant Wave Height  = 19.9906 centimetres
Maximum Wave Height      = 34.3834 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 19.9906 centimetres
Average Wave Height      = 12.4941 centimetres
rms Wave Height          = 11.1148 centimetres
Average of Highest 1/10  = 25.3881 centimetres
```

=====  
Nama File: H6 Tl.4.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.4301 seconds  
Wave Peak Period = 1.7128 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.3176 seconds  
Significant Wave Height = 12.8731 centimetres  
Maximum Wave Height = 22.7855 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 12.8731 centimetres  
Average Wave Height = 8.0457 centimetres  
rms Wave Height = 7.1575 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 16.3489 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 4.7050 seconds  
Wave Peak Period = 1.1481 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 3.8359 seconds  
Significant Wave Height = 20.8842 centimetres  
Maximum Wave Height = 36.9650 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 20.8842 centimetres  
Average Wave Height = 13.0526 centimetres  
rms Wave Height = 11.6116 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 26.5229 centimetres

=====  
Nama File: H7 Tl.2.xls  
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Wave Characteristic  
+++++=====+++++=====+++++=====+++++  
Average Wave Period = 2.0967 seconds  
Wave Peak Period = 1.5525 seconds  
Mean Zero Crossing Period = 2.0199 seconds  
Significant Wave Height = 12.6999 centimetres  
Maximum Wave Height = 22.4788 centimetres  
Zero Moment Wave Height = 12.6999 centimetres  
Average Wave Height = 7.9374 centimetres  
rms Wave Height = 7.0611 centimetres  
Average of Highest 1/10 = 16.1288 centimetres



Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 3.6943 seconds
Wave Peak Period        = 0.9204 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.6887 seconds
Significant Wave Height  = 20.2262 centimetres
Maximum Wave Height      = 35.8004 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 20.2262 centimetres
Average Wave Height      = 12.6414 centimetres
rms Wave Height          = 11.2458 centimetres
Average of Highest 1/10  = 25.6873 centimetres
```

```
=====
Nama File: H7 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.3681 seconds
Wave Peak Period        = 1.6635 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2639 seconds
Significant Wave Height  = 14.1015 centimetres
Maximum Wave Height      = 24.9597 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 14.1015 centimetres
Average Wave Height      = 8.8135 centimetres
rms Wave Height          = 7.8404 centimetres
Average of Highest 1/10  = 17.9089 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 3.8188 seconds
Wave Peak Period        = 1.0008 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.8635 seconds
Significant Wave Height  = 22.7841 centimetres
Maximum Wave Height      = 40.3279 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 22.7841 centimetres
Average Wave Height      = 14.2401 centimetres
rms Wave Height          = 12.6680 centimetres
Average of Highest 1/10  = 28.9358 centimetres
```

End of analysis result

## LAMPIRAN C

### HASIL PENGUKURAN TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG SERTA *RUN-UP* GELOMBANG

Kemiringan 1 : 1,15				
Ch 1				Ch 2
H in	H out	T in	T out	Ru
(meter)		(detik)		(meter)
0,03	0,064	1,2	1,56	0,101
0,03	0,065	1,4	1,77	0,104
0,05	0,097	1,2	1,48	0,147
0,05	0,106	1,4	1,6	0,162
0,06	0,119	1,2	1,49	0,179
0,06	0,129	1,4	1,6	0,198
0,07	0,122	1,2	1,42	0,186
0,07	0,148	1,4	1,56	0,221

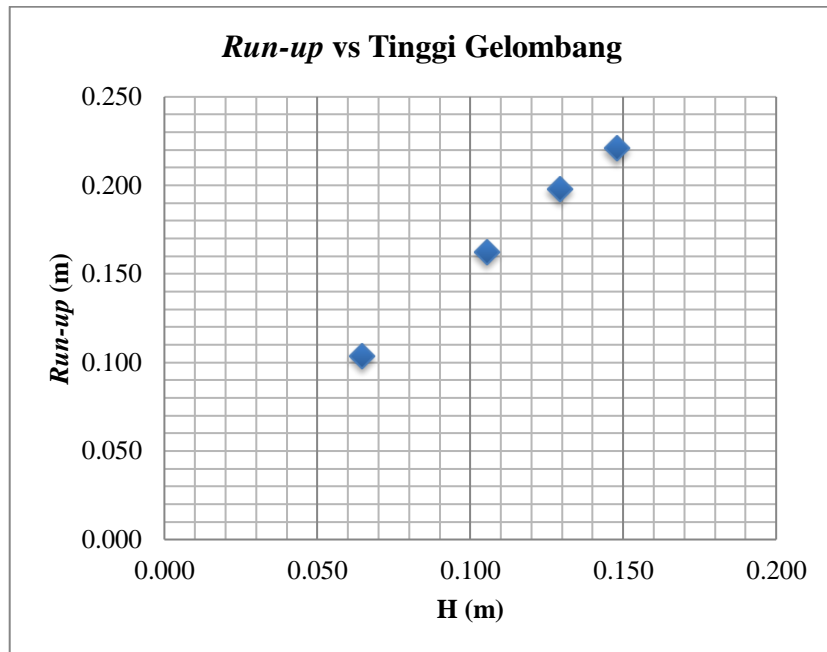
Kemiringan 1 : 1,5				
Ch 1				Ch 2
H in	H out	T in	T out	Ru
(meter)		(detik)		(meter)
0,03	0,067	1,2	1,64	0,095
0,03	0,068	1,4	1,71	0,1
0,05	0,103	1,2	1,53	0,139
0,05	0,113	1,4	1,68	0,157
0,06	0,128	1,2	1,6	0,169
0,06	0,134	1,4	1,69	0,185
0,07	0,131	1,2	1,54	0,175
0,07	0,15	1,4	1,63	0,199

Kemiringan 1 : 2				
Ch 1				Ch 2
H in	H out	T in	T out	Ru
(meter)		(detik)		(meter)
0,03	0,063	1,2	1,58	0,085
0,03	0,065	1,4	1,66	0,091
0,05	0,098	1,2	1,49	0,13
0,05	0,108	1,4	1,63	0,141
0,06	0,12	1,2	1,58	0,154
0,06	0,129	1,4	1,71	0,165
0,07	0,127	1,2	1,55	0,16
0,07	0,141	1,4	1,66	0,18

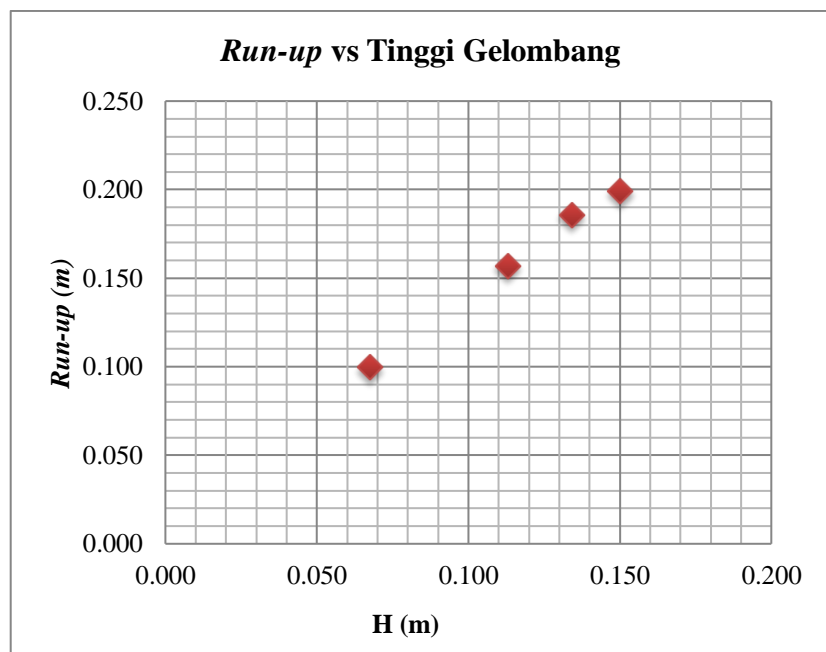
## LAMPIRAN D

### GRAFIK HUBUNGAN *RUN-UP* DENGAN TINGGI GELOMBANG

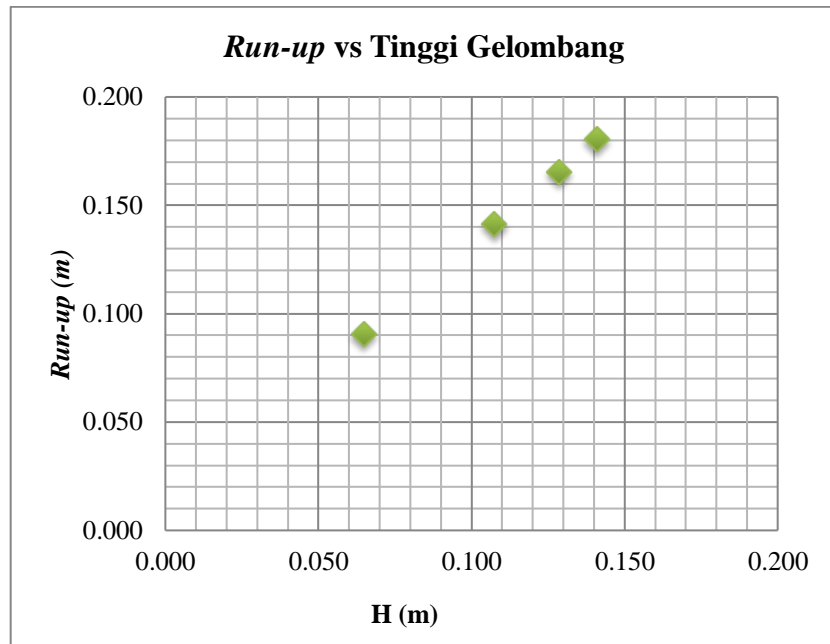
Kemiringan 1 : 1,15



Kemiringan 1 : 1,5



**Kemiringan 1 : 2**



## BIODATA PENULIS



**Ali Syafrudin** dilahirkan di Tuban, 2 Juni 1995, merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Miftahul Huda Tegalrejo, SDN Boto pada tahun 2001-2007. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah di SMPN 4 Tuban pada tahun 2007-2010 dan SMAN 1 Tuban pada tahun 2010-2013. Setelah dinyatakan lulus dari SMA, penulis melanjutkan Pendidikan Tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013 dengan mengambil program studi Teknik Kelautan. Penulis di terima di Departemen Teknik Kelautan melalui jalur SMPTN dan terdaftar dengan NRP 4313100049. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan, seperti Departemen Minat dan Bakat HIMATEKLA tahun 2015-2016, OCEANO 2014 dan OCEANO 5. Pada tahun 2016 penulis berkesempatan untuk melakukan kerja praktek di Balai Pantai – Badan Penelitian dan Pengembangan SDA, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang berlokasi di Gerokgak, Buleleng, Bali.

Kontak Penulis :

Email : [alisyafudin4@gmail.com](mailto:alisyafudin4@gmail.com)